

**PONTIFICIA UNIVERSIDAD CATÓLICA DEL ECUADOR
FACULTAD DE ECONOMÍA**

Disertación previa a la obtención del título de Economista

***Eficiencia energética e implementación de focos LED en
el sistema residencial ecuatoriano***

Juan José Almeida Almeida

juanjosealmeidaa@gmail.com

Director: Econ. Jorge Salgado

jorge.salgado.uio@gmail.com

Quito, marzo del 2016

Resumen

El presente estudio busca determinar el efecto que implicaría una propuesta similar al programa de sustitución de focos incandescentes por ahorradores considerando la tecnología de iluminación LED, misma que se caracteriza por ser más eficiente en términos de consumo y vida útil. Para esto se analizará en primera instancia al sector eléctrico ecuatoriano desde su historia hasta su reestructuración en el año 2007, año en el que se plantea una serie de políticas públicas direccionadas a garantizar la seguridad energética del país. Se establece entonces el papel que tienen los usuarios residenciales como demandantes de este servicio y los programas que ha desarrollado el Gobierno para beneficiar a este grupo. A continuación se determina que la iluminación mediante el uso focos LED en el sector residencial debe ser especialmente considerada debido a que el Gobierno ya realizó programas en este sentido para el año 2008 cuando: entrega por primera vez focos ahorradores a los usuarios beneficiarios de la tarifa de la dignidad y posteriormente establece una resolución que prohíbe la importación de focos incandescentes para el año 2010. Se concluye que el programa de sustitución de focos tendría un costo que sería recuperado en ahorros fiscales en 12 años. Esta política generará un impacto mucho menor que la del 2008 dada la eficiencia de los focos ahorradores que se tienen actualmente y al alto costo de los LEDs.

Palabras clave: Sector Eléctrico Ecuatoriano, Eficiencia Energética, Políticas Públicas, LED.

*"La ciencia no es sino una perversión de sí misma a menos
que tenga como objetivo final el mejoramiento de la
humanidad". Nikola Tesla*

*Agradezco infinitamente el amor, la compasión, el apoyo y la tolerancia de mis padres, hermanos, mi
novia y mis amigos a quienes debo este logro.*

Dedicado a Guille, Mafalda y Miguelito.

Eficiencia energética e implementación de focos LED en el sistema residencial ecuatoriano

Introducción	6
Metodología del trabajo	9
Preguntas de Investigación	9
Objetivos de la Investigación	9
Estrategia de investigación	10
Fundamentación Teórica	11
La economía de la energía	11
La economía mixta	13
Costo de Oportunidad	14
Eficiencia energética	15
Energía y efectos medioambientales	17
Capítulo 1: Evolución del sector eléctrico en Ecuador y rol de la eficiencia energética dentro las políticas de Estado	19
Breve historia del sector eléctrico en Ecuador	19
Eficiencia energética como eje para la seguridad energética	24
Plan para el uso racional de la energía establecido por el MEER	33
Tecnología CFL y eficiencia energética	42
Capítulo 2: Costos que implica el sistema de iluminación residencial actual en Ecuador	45
Costos para los consumidores	45
Costos para el Estado	57
Tecnología LED como alternativa en la iluminación residencial.	71
Capítulo 3: Posibles ventajas y costos para el consumidor y para el Estado de implementar un programa de iluminación con focos LED para el sector residencial	75
Compra y distribución de focos LED por parte del Gobierno	75
Implementación de una política que prohíba la importación de CFLs	79
Análisis de la propuesta de implementación del programa de sustitución de focos ahorradores por LEDs	81
Propuestas alternativas al programa de sustitución de focos ahorradores por LEDs	87
Conclusiones	93
Recomendaciones	94

Referencias Bibliográficas	95
Anexos	102
Anexo A: Glosario de términos	102
Anexo B: Cálculo de número de focos necesarios para los usuarios de la tarifa de la dignidad.	104
Anexo C: Costo de importación de focos LED	106
Anexo D: Cálculo del reemplazo de focos que se queman; incandescentes y ahorradores	107

Introducción

El presente estudio nace desde la búsqueda económica de la eficiencia la cual es socialmente deseable aún más para el sector público. Por otra parte se conoce que los recursos energéticos son necesarios para el desarrollo de las economías, lo cual en las últimas décadas ha derivado en una nueva visión no solo de aumento en la generación energética, sino del aprovechamiento máximo posible de la energía.

El sector eléctrico en Ecuador por su parte, a pesar de ser un eje para el desarrollo, ha sido pocas veces tomado en cuenta a lo largo de la historia, siendo partícipe de políticas de desarrollo únicamente en épocas de auge económico (Flores, 2011). Su última reestructuración integral se da en el año 2007 y es este punto en el que se comienza a considerar a la eficiencia energética como prioritaria dentro del marco de las políticas públicas ya que hasta entonces la visión para alcanzar la seguridad energética iba sesgada únicamente hacia la oferta del recurso eléctrico. Sin embargo, se observó que la inversión y el desarrollo por el lado de la oferta exige mucho tiempo y gasto por parte del Estado. De esta manera se plantea que la demanda eléctrica también puede ser reestructurada de tal forma que se vuelva más eficiente. En este sentido se plantean varias políticas de eficiencia energética dirigida a los diferentes sectores de consumo: residencial, comercial, iluminación pública e industrial. Se desarrollaron entonces políticas y proyectos dirigidos a todos los sectores, sin embargo, para el efecto de este estudio se consideró al sector residencial, mismo que tiene la mayor cantidad de clientes así como también es el mayor consumidor de energía eléctrica en el país. Cabe indicarse que más del 50% de los consumidores residenciales pagan la “tarifa de la dignidad” misma que implica que su consumo energético es muy bajo y los clasifica como hogares de pocos recursos (Consejo Nacional de Electricidad [CONELEC], 2014).

Dado esto, se observa que se presenta actualmente una nueva tecnología que promete ser muy eficiente. Esta es la iluminación mediante el uso de LEDs (Diodos Transmisores de Luz). Se conoce que estos focos consumen menos energía que los ahorradores y tienen una vida útil mucho más larga (Gordon, 2009). Por otro lado se observa que el Ministerio de Electricidad y Energía Renovable (MEER) promovió desde el año 2008 hasta el 2010 una política pública que implicaba la iluminación en el sector residencial. Esta política promovió el uso de focos ahorradores, los cuales eran mucho más eficientes que los incandescentes que se utilizaban tradicionalmente en los hogares (CONELEC, 2013). El Estado había proyectado que esta política generaría un beneficio tanto para el consumidor como para el Estado. El consumidor ahorraría en la planilla de luz, mientras que el Estado gastaría menos en subsidios destinados al sector eléctrico. El MEER decidió entonces implementar un programa que entregue seis millones de focos ahorradores entre los años 2008 y 2009 a los usuarios que perciben al tarifa de la dignidad (aproximadamente 1,8 millones) y de igual forma se estableció que debe prohibirse la importación de focos incandescentes, una resolución que empezaría a tomar vigencia a partir del año 2010. Respecto a los usuarios, su ahorro resultó de cinco dólares menos en la planilla de luz y para el Estado siete millones menos en subsidios mensuales (CONELEC, 2013).

Dado el importante impacto de esta política, se plantea entonces que es necesario analizar una propuesta similar para la implementación de focos LED en el sector residencial. Para esto primero se considera en el Capítulo 1, como ya mencionó, la historia del sector eléctrico en el país así como la visión actual que tiene este respecto a la eficiencia energética dentro del Plan Nacional del Buen Vivir que es actualmente la directriz a la cual deben alinearse todas las metas de las instituciones públicas.

En el Capítulo 2 de esta disertación se analizan las políticas, planes y proyectos de eficiencia energética en Ecuador y cómo se los han planteado en los diferentes sectores usuarios del servicio eléctrico. En este punto es en el que se observa que el Estado plantea el proyecto de “Sustitución de focos incandescentes por ahorradores”. Un proyecto directamente planteado desde el MEER, siendo que el CONELEC es el gestor de la política del sector eléctrico. Esto nos indica que la eficiencia energética en el sector residencial es actualmente un eje importante en el desarrollo de política. Cabe mencionarse que este proyecto se amplió luego a las escuelas, hospitales y edificios públicos lo cual demuestra una vez más el impacto positivo de la misma. En este capítulo también se compara a los focos ahorradores e incandescentes para determinar qué tan más eficientes resultan.

Esta definición de focos ahorradores es el punto en el que se parte para poder determinar en el Capítulo 3 el impacto del uso de focos ahorradores como la principal fuente de iluminación en el sector residencial. Se comienza determinando el peso del sector residencial en el sector eléctrico en general así como una proyección del porcentaje que implica la iluminación dentro del consumo eléctrico. Una vez que se ha establecido esto determina que el gasto que implica la iluminación para hogares es en promedio de 24 dólares al año. Un gasto que incluye la compra de los focos. Por otra parte se analiza el impacto ambiental de los focos ahorradores ya que estos tienen ciertos gases y metales tóxicos como mercurio. Se indica que la mayor parte de hogares no los maneja como desecho peligrosos y que por lo tanto su efecto en el medio ambiente y salud humana puede ser negativo en el largo plazo. De igual manera se establece que la generación eléctrica involucra impacto ambiental negativo por lo que una menor demanda también será beneficiosa en este sentido.

Finalmente se desarrolla un modelo que explique cómo se reemplazaron los focos incandescentes en el tiempo y de esta proyectar el impacto de una política de reemplazo de focos ahorradores por focos LED en el sector residencial. Los resultados finales son distintos a los esperados y hay dos factores importantes para esto. El primero es que la vida útil de los focos ahorradores es ocho veces mayor que la de los focos incandescentes por lo que una política que proponga la prohibición de importaciones de focos ahorradores, tardará ocho veces más en reemplazar los focos que hayan culminado su vida útil. Por otro lado la inversión será necesariamente mucho mayor ya que los focos LED cuestan un poco más del doble que los ahorradores; a esto debe sumársele el hecho de que hay un mayor número de personas en el

sector residencial que reciben la tarifa de la dignidad. Todos estos factores convergen para que el ahorro en subsidios del Estado alcance valores de dos y tres millones de dólares al año, lo cual es mucho menor que el ahorro generando para el año 2010. De igual forma para los consumidores el ahorro en gastos para la iluminación será de seis a siete dólares anuales, lo cual individualmente no representa mucho pero para la masa de consumidores es un valor de 30 millones anuales en promedio que se suman a la economía del país. Esto comparado con una inversión que superaría los 31 millones, implicaría una recuperación de la misma en términos de ahorros por subsidios, en un lapso de 12 años. Todo esto no implica que la valoración ambiental y el impacto social no puedan representar un retorno en términos económicos, lo que significa que una valoración adecuada de estos factores determinará de mejor manera el retorno o ahorro que podrá percibir el Estado ante la política propuesta. Antes estos resultados se plantean dos escenarios alternativos en los cuales se plantea la sustitución de todos los focos del sector residencial así como una política que no requeriría inversión sino simplemente la prohibición de importaciones de focos ahorradores. En estos escenarios se vuelve a concluir que una inversión por parte del Estado no presenta retornos considerables en términos de subsidios y que el reemplazo de focos ahorradores toma mucho tiempo por lo que el ahorro sería bastante bajo, al menos durante los primeros tres años.

Metodología del trabajo

Preguntas de Investigación

a) Pregunta General:

- ¿Cuáles son las ventajas de la utilización de focos LED en el sistema de iluminación residencial ecuatoriano en cuanto a eficiencia energética y costos financieros para un programa nacional de sustitución?

b) Preguntas Específicas:

- ¿Cuál ha sido la evolución del sector eléctrico en Ecuador y cuál ha sido el rol de la eficiencia energética dentro de las políticas de Estado?
- ¿Cuáles son los costos que tiene el actual sistema de iluminación residencial en Ecuador?
- ¿Cuáles son las posibles ventajas y costos para el consumidor y para el Estado de implementar un programa de iluminación con focos LED para el sector residencial?

Objetivos de la Investigación

a) Objetivo General:

- Comprender a las ventajas de la utilización de focos LED en el sistema de iluminación residencial ecuatoriano en cuanto a eficiencia energética y costos financieros para un programa nacional de sustitución.

b) Objetivos Específicos:

- Establecer cuál ha sido la evolución del sector eléctrico en Ecuador así como el rol de la eficiencia energética dentro las políticas de Estado.
- Determinar los costos que implica el sistema de iluminación residencial actual en Ecuador.

- Evaluar las posibles ventajas y costos para el consumidor y para el Estado de implementar un programa de iluminación con focos LED para el sector residencial.

Estrategia de investigación

Para cumplir con el objetivo general de esta disertación se planteó que primero debía definirse la importancia de la eficiencia energética en el marco de las políticas públicas y la economía del país, de esta manera se justifica el hecho de que la iluminación LED debe ser considerada como una opción dentro de las mismas. Se utilizó un método de investigación de tipo hipotético-deductivo, ya que se planteó como hipótesis que la iluminación LED, al presentar ventajas respecto a su eficiencia energética, la implementación de un programa de sustitución de focos en el sector residencial tendría un efecto económico positivo tanto para los consumidores como para el Estado ecuatoriano. En primera instancia se recolectó datos históricos de libros, fuentes oficiales y estudios referentes al sector eléctrico ecuatoriano para poder determinar las tendencias ideológicas que han generado política en este sector, así como los efectos en el corto, mediano y largo plazo que han implicado estas. De esta manera se buscó enmarcar el papel que juega la eficiencia energética dentro de las políticas públicas. En términos generales, la técnica que se utilizó para desarrollar los dos primeros capítulos de la disertación fue la técnica documental, ya que se recopiló toda la información necesaria de tal forma que se pudo estudiar el fenómeno de la eficiencia energética y la iluminación en Ecuador.

Por otra parte se realizó la investigación de referencias que establezcan técnicamente el concepto de eficiencia energética respecto a la iluminación dentro del marco económico. Esta información permitió realizar una homologación que establezca parámetros para comparar los diferentes tipos de focos y así establecer cuál es el más eficiente de una manera financieramente cuantificable lo cual se refleja en el capítulo dos ya que en este capítulo se observa los efectos económicos que implica el sistema de iluminación residencial actual en Ecuador en el marco de la eficiencia energética.

En el capítulo tres por su parte, se plantean varias opciones de políticas mediante el uso de focos LED en los hogares, así como el costo y beneficio que generarían a los diferentes actores, en este caso el Estado y los hogares, con el objetivo de evaluar las ventajas que conllevaría una propuesta de implementación de iluminación LED. Para esto se desarrolló un modelo matemático que explique el reemplazo de focos conforme cumplan con su vida útil.

Las fuentes de información para este estudio fueron primarias y secundarias. Las primeras consistieron en libros, revistas científicas y documentos oficiales. En el caso de las fuentes secundarias, se usaron también libros de texto, artículos de revistas, investigaciones y tesis de grado. También se indica que se utilizaron los programas informáticos Excel y SPSS para el procesamiento y análisis de datos.

Fundamentación Teórica

La economía de la energía

Cabe indicarse primeramente que el concepto de energía en la teoría económica no es el mismo concepto que en la física, que es la capacidad de hacer un trabajo (Bueche, 1978 : 68). James L. Sweeney en su artículo “Economics of Energy” (s.f.) plantea que el concepto de energía en economía aglomera a todas las fuentes de energía que pueden ser consideradas como materias primas (gasolina, diésel, gas propano, carbón, electricidad, entre otros) y recursos energéticos que pueden darse de diferentes maneras como la energía química (petróleo, gas natural, carbón, biomasa), energía mecánica (viento, corrientes de agua), radiación (luz solar, radiación infrarroja), energía eléctrica (electricidad) y la energía dada por reacciones nucleares (uranio, plutonio). Cabe señalarse que la única energía considerada pura según el autor es la energía solar. Sweeney señala también que debe considerarse dos principios físicos fundamentales de la física en la economía: el primero es que la energía no puede ser creada o destruida sino solamente transformada; y el segundo es que la energía proviene del entorno físico y en última instancia retornará al entorno físico.

En el informe “A microeconomic framework for evaluating energy efficiency rebound and some implications” realizado por Severin Berenstein (2013), se indica que la energía es demandada por los consumidores como un insumo más no como un bien final en sí mismo, por ejemplo: la gasolina que un consumidor demanda para su vehículo es únicamente con el objeto de que su vehículo pueda transportarlo, lo cual implica que su demanda será proporcional a la distancia que quiere movilizarse. De igual forma, la demanda de energía eléctrica de un consumidor será igual a la cantidad de Vatios/hora que necesiten los artefactos que el consumidor quiera utilizar según sus necesidades. Dada esta premisa, entonces se indica que la demanda de energía del consumidor está determinada en parte por la eficiencia en el consumo de energía de los artefactos.

Dado que la energía no puede ser creada sino transformada se señala que este proceso es el que implica el costo de la misma. Sweeney (s.f) se basa en esta premisa para establecer que la economía de la energía será entonces el estudio de las actividades humanas utilizando las fuentes de energía disponibles en su forma natural, a menudo a través de complejos procesos de conversión, para de esta manera proveer servicios de energía. Como ya se mencionó, las fuentes de energía son variadas, sin embargo para el presente estudio se observará a las fuentes que sean capaces de ser transformadas en energía eléctrica, la cual es la que se utiliza para generar iluminación. En este aspecto, el autor indica que es importante considerar al recurso natural que se utilice para transformarlo en energía ya que este puede ser agotable (no-renovable) o renovable dependiendo de la velocidad con la que el recurso se recupere. Los agotables pueden considerarse como recursos que toman tiempos de recuperación más largos que aquellos que pueden ser considerados económicamente y por lo tanto deben ser considerados como un único stock susceptible de agotarse. Los recursos renovables por su parte

pueden ser divididos entre almacenables y no almacenables. Según Sweeney (s.f.), en un principio la humanidad dependía de los recursos renovables para generar energía como madera o viento, sin embargo a partir de la segunda mitad del siglo XIX se empezó a utilizar recursos agotables como carbón, petróleo y gas natural. Al haber un stock único de estos recursos se debe considerar que los mismos deben ser aprovechados de manera eficiente así como se debe considerar una transición hacia el uso de recursos renovables en el futuro.

Steven Stoft (2002: 30) establece que además de conocer el concepto de energía en el marco de la electricidad, es necesario conocer los conceptos de “Poder” y “Capacidad”. El poder es definido por el autor como la tasa a la que fluye la energía y se mide en Vatios¹ por unidad de tiempo (generalmente se utiliza la “hora”). El precio de la energía se medirá entonces como \$/Wh (Dólares por vatios hora). Esto significa que el gasto en energía dependerá del flujo de energía que requieran los artefactos y del tiempo que se utilicen. “Capacidad de generación” por su parte implica la cantidad máxima de flujo de energía que puede producir una fuente misma que se medirá en MW (megavatios) en el caso de las centrales eléctricas. Este autor plantea también que el precio de la energía eléctrica debe ser planteado como dólares por vatio/hora consumido.

Por otro lado, existe un factor importante que debe analizarse en el campo de la economía y la energía el cual es precisamente si existe un nexo que relacione al crecimiento de las economías (PIB o PNB) de los países y el consumo de energía. Para esto, se han planteado diversas teorías e incluso se han planteado varios modelos multivariantes para explicar la correlación que pueda existir. Ilhan Ozturk (2010), plantea que básicamente en este ámbito, las teorías se pueden clasificar dentro de cuatro tipos:

- La hipótesis neutral.- Esta teoría establece que no existe una correlación entre el consumo de energía y el PIB lo cual implica que las políticas respecto a la conservación o fomento en la utilización de energía no devendrán en la producción directamente.
- La hipótesis de la conservación.- Esta teoría plantea que es necesaria una política de “conservación de la energía” procurando el menor efecto adverso posible en el crecimiento de la economía.
- La hipótesis del crecimiento.- Plantea que el consumo de energía genera crecimiento en la economía además de ser un factor limitante para el mismo y por lo tanto cualquier restricción a este consumo tendrá efectos adversos en la economía.
- La hipótesis de la retroalimentación.- Esta hipótesis establece que, tanto el crecimiento de la economía como el consumo de energía generan una relación causa-efecto en ambas a la vez.

Ozturk concluye que las diferentes metodologías econométricas utilizadas para demostrar estas cuatro hipótesis no han presentado hasta el momento resultados que las determinen como concluyentes, sin embargo varios estudios han determinado que la electricidad es un factor

¹ Se puede utilizar prefijos que indiquen múltiplos como Kilo (1.000), Mega (1.000.000), Giga (1.000.000.000).

limitante en el crecimiento económico y por lo tanto los shocks que se puedan generar en los suministros de energía afectarán al crecimiento económico. Esto desestima la primera hipótesis y deja un amplio campo de estudio para la presentación de nuevos modelos que puedan demostrar las otras tres.

Un tema importante dentro del marco económico es la capacidad de suplir la demanda de energía y para esto, Jermy Broadhe (2008 : 5) plantea algunas tendencias y expectativas respecto a la capacidad que habrá para suplir energía así como de la demanda que se generará. Cabe aclararse que para la presente disertación, en el momento en que se hable de demanda de energía, únicamente se hará referencia a la demanda efectiva, misma que se traduce en consumo, ya que no ha sido necesario tomar en cuenta la demanda insatisfecha. Broadhe establece que el mayor crecimiento en la demanda de energía se dará en los países en vías de desarrollo a una tasa promedio del 3% entre los años 2004 y 2020. En los países industrializados por su parte, se espera que el consumo disminuya a una tasa del 0,9% al año. Respecto a la oferta, la expectativa es que en su mayor parte sea satisfecha mediante fuentes de energía no renovables. Más adelante se explicará la necesidad de aprovechar al máximo estas fuentes. Por su parte, Frank Krysiak (2015) establece que una de las metas de las economías en vías de desarrollo es precisamente reducir al menos la tasa de crecimiento de la demanda de energía y de ser posible lograr que esta tasa sea negativa.

La economía mixta

A pesar de que la economía clásica reza que el Estado debe ser un ente con participación mínima dentro del mercado y del ejercicio económico, esta tradición empezó a ser criticada y fluyeron varias escuelas de pensamiento que contrarrestaban la misma como la de Marx y Owen pero que finalmente no han sido muy aceptadas por la economía ortodoxa. Sin embargo, durante Gran Depresión de los años treinta juntamente con Keynes se replanteó el papel del Estado en la economía, quien afirmaba que el mismo debía ser un ente que debe y puede regular la economía de los países (Stiglitz, Rabasco, y Toharia, 2002). Este afamado economista fue uno de los precursores de la idea que plantea un equilibrio entre el sector público y privado de tal forma que se complementen y puedan solucionar los fallos generados en ambos. Se considera como principales precursores de esta ideología, junto con John Maynard Keynes a: R. H. Tawney, Anthony Crosland, Andrew Shonfield, Harold Macmillan.

A lo largo de la historia no se ha logrado establecer una definición precisa acerca del concepto de economía mixta ya que muchos autores discrepan acerca de, hasta dónde debe llegar la participación del Estado como regulador del Mercado dentro de la economía, sin embargo podemos ver que se plantea un grado de libertad económica privada y una regulación gubernamental que controla, limita o dirige a la misma; lo cual se acerca mucho a la realidad actual del Ecuador y por eso se ha considerado que se debe partir de este paradigma para plantear modelos y políticas económicas al menos en este país.

Como se verá más adelante, el mercado de la energía eléctrica en Ecuador ha atravesado varias fases, dentro de las cuales ha habido mayor y menor participación por parte del Estado. Para la década de los noventas, en Ecuador se promovió un modelo de liberación del mercado promoviendo la privatización del servicio, sin embargo desde la reestructuración del sector eléctrico en el año 2007, se ha vuelto a mantener una política de manejo público del servicio así como de la generación de este. Bajo este parámetro entonces se considera que la intervención del Gobierno en este mercado, puede ser beneficioso para la economía del país.

Costo de Oportunidad

Según Friedrich von Wieser (1914 : 123), uno de los fundadores de la Escuela Austriaca y el precursor de la teoría del costo de oportunidad, plantea al costo de oportunidad como “el coste de la inversión de los recursos disponibles, en una oportunidad económica, a costa de la mejor inversión alternativa disponible, o también el valor de la mejor opción no realizada”. Esta idea nacida de la economía clásica liberal ha sido muy aceptada y utilizada para la gestión administrativa y financiera en el caso de la empresa privada; y para la generación de políticas de desarrollo económico y fiscal en el caso de los Gobiernos.

Enmarcando esto con la eficiencia energética tenemos a la alternativa de los focos LED (Light-Emitting Diode: ‘diodo emisor de luz’) que actualmente constituyen los focos y lámparas con mayor eficiencia energética. Esta tecnología no constituye solamente un avance con respecto al precio versus su consumo eléctrico, sino que también es amigable con el ambiente ya que no contienen mercurio y son “reparables”, lo cual permite reciclarlos con más facilidad (Green Ray LED Lighting, 2013). Dado esto se puede plantear que la decisión de usar o no usar esta tecnología para la iluminación constituye tanto para el consumidor como para el productor, un costo de oportunidad.

Este costo ya ha venido siendo analizado en algunos países, especialmente en aquellos que tienen más recursos y mayor necesidad energética para satisfacer su demanda para consumo y producción. Tal es el caso de la Unión Europea donde hay grandes proyectos con respecto al reemplazo de focos convencionales y ahorradores por focos LED con el objetivo no solo de reducir el gasto consumo eléctrico, sino también de reducir las emisiones de dióxido de carbono a la atmósfera y el gasto en mantenimiento («Unibail-Rodamco, un proyecto de eficiencia energética de referencia a nivel europeo. (Spanish)», 2011). Esto se lo puede comprobar observando el caso específico de España donde, según José Folgado Blanco, en un artículo de revista (2011), ya se estaba pensando seriamente que en el contexto de seguridad energética un punto clave es el de mejorar la eficiencia energética y aquí se denota que es de vital importancia ganar eficiencia energética en los edificios y alumbrado público. El mismo

argumento es secundado en el año 2013 por M Cantos & Balsalobre Lorente en otro artículo de revista, quienes determinan que “durante los últimos años la política energética española ha estado muy sesgada hacia la sustitución de fuentes energéticas tradicionales, muy contaminantes, por otras renovables, sin índice de carbonización”. Una de las conclusiones que establecen estos autores es que, dado el costo de oportunidad, no solo financiero, sino de contaminación generada por el CO₂ de la iluminación de baja eficiencia, se debe mejorar la eficiencia energética con respecto al alumbrado público y privado.

Eficiencia energética

En el marco de la eficiencia energética cabe indicarse si las variaciones en los precios de la energía deben ser consideradas como factor decisivo para la generación de políticas ya que del costo de la misma pueden surgir distintos comportamientos por parte de los consumidores respecto a la inversión que se debe aplicar para tomar medidas de eficiencia.

Sweeney (s.f.) plantea el problema respecto de si la energía es un bien primario, es decir, si es indispensable para la subsistencia y por lo tanto presenta una elasticidad-precio de la demanda que tienda a ser inelástica. En este aspecto, inicialmente se indica que la energía es esencial en las actividades y satisfacción de necesidades del ser humano por lo tanto debería ser un bien primario; sin embargo la energía al ser generada mediante varias fuentes distintas, es un bien secundario debido a que ante las variaciones de precio su demanda será sensible en la medida en que pueda ser sustituida. Esto se da ya que el desarrollo tecnológico ha permitido que la energía pueda transformarse en el tipo requerido, ya sea que provenga de diferentes fuentes. Por ejemplo: los motores eléctricos pueden transformar la energía eléctrica en energía mecánica mientras que una bobina puede transformar la energía mecánica en eléctrica. De igual forma se puede transformar la energía térmica en eléctrica y viceversa; así como se puede transformar la radiación solar en energía eléctrica o térmica. Todo esto nos indica que dependiendo de los costos de generación y transformación de la energía, se podrá ofertar aquella que sea menos costosa para el consumidor.

Por su parte, Stoft (2002) plantea un contrapunto ya que establece que la demanda de electricidad de electricidad es totalmente insensible al precio debido la mayoría de los clientes finales perciben una tarifa única previamente establecida que demora en ajustarse a las diversas ofertas de energía. Este cambio en la oferta se da en el largo plazo y por lo tanto el ajuste de precios no es inmediato. Carol Dahl en su paper “Energy Demand and Supply Elasticities” establece que la sensibilidad de las demandas de combustible y suministros hacia las variables económicas son importantes para la planeación y la generación de políticas respecto a la energía. Cabe indicarse que en la presente disertación se asumirá que la demanda de electricidad no dependerá del precio.

Como ya se mencionó, la energía eléctrica es utilizada por artefactos en el hogar, cabe indicarse entonces específicamente cuáles son los artefactos que demandan mayor electricidad en el sector residencial. Esta demanda de energía de los artefactos ha ido evolucionando a lo largo de los años conforme aumenta el número de hogares demandantes y la tecnología actualmente se establece que en promedio a nivel mundial la electricidad del sector residencial tiene los siguientes fines: calentar, enfriar, iluminar, cargar, cocinar, entretener, aparatos eléctricos y propósitos misceláneos (Swee, Yip, Keong, Tai, y Toh, 2015). Este mismo autor indica que el crecimiento de la demanda de electricidad a nivel mundial merece una especial atención tanto del público en general como de los gobiernos si se desea mitigar los efectos negativos del consumo de energía.

Jenkins Macedo en su artículo "Lighting the academic commons: A case study of electricity efficiency of incandescent, compact fluorescent and LED lamps" (2012) señala que, la producción, distribución y consumo de electricidad generada mediante la quema de combustibles fósiles son las principales fuentes antropogénicas de emisión de gases de efecto invernadero. El beneficio que se obtiene de la eficiencia energética es el de disminuir el costo de los bienes (o de sus insumos) lo cual se presenta como un efecto de "retorno". Este efecto ha sido planteado por Borenstein en el año 2013 mediante un modelo que concluye que existe un "efecto retorno" que es básicamente el ahorro generado mediante la inversión en eficiencia energética ya sea para un individuo o para el Estado. Este efecto implicaría un ahorro para el consumidor, mismo que aumentará su consumo de otros bienes así como de energía.

Urashima y Gamo (2013) plantean que la eficiencia energética es un factor clave desde la perspectiva de la seguridad energética. Para establecer esta conclusión los autores realizaron un estudio respecto a las políticas de eficiencia energética que tuvieron que ser implementadas en Japón dado un estado de emergencia como consecuencia del terremoto y tsunami que sufrió este país en el año 2011, el cual generó que la planta nuclear de Fukushima deje de funcionar y se declare en estado de emergencia nuclear. Esto implicó una imperiosa amenaza a la seguridad energética del país ya que a pesar de que se contaba con generadores térmicos, estos no podrían satisfacer la demanda de electricidad que se esperaba por lo que el gobierno planteó que debían tomarse estrictas medidas para reducir el consumo de energía. Estas medidas serían de eficiencia energética tanto para el sector comercial como para el residencial.

Un informe realizado por el U.S. Department of Energy en el año 2012 establece que la tecnología LED es más eficiente que los focos ahorradores e incandescentes en tres aspectos básicos:

- Consumo de energía.- En este aspecto se considera tanto al precio del foco y el ahorro que se genera dada su vida útil así como también la energía eléctrica que demanda para la generación de luz.
- Fabricación y desempeño.- Se compara a los procesos de fabricación de los focos así como los materiales que se utilizan.

- Pruebas medioambientales.- Se realizaron pruebas que establecieron los materiales potencialmente peligrosos para el medio ambiente así como la probabilidad de que estos sean liberados al mismo mediante la manipulación o desecho de los focos.

Esta eficiencia según el informe es todavía susceptible de mejorar para los siguientes años utilizando la misma tecnología de iluminación LED. Swee et al (2015) plantea que la eficiencia energética es la clave para disminuir las emisiones de gases de efecto invernadero que afectan la salud humana y al medio ambiente generando contaminación en el aire y calentamiento global.

Energía y efectos medioambientales

Según Joseph Stiglitz (2002 : 248), “una externalidad surge siempre que una persona o empresa emprende una acción que produce un efecto en otra persona o empresa por el que esta no paga o no es pagada”. Sweeney (s.f.) establece que los daños medioambientales que se dan como consecuencia de la generación eléctrica no son considerados o incorporados en los costos de generación, así como tampoco la extracción de recursos no renovables son considerados dentro de las cuentas nacionales esto implica que la disminución en la generación tendrá efectos positivos en el medio ambiente y por lo tanto en la economía.

Donella H. Meadows, considerada una de las precursoras de la economía ambiental; ha realizado varios estudios e informes a lo largo de su carrera desde los años setenta, mismos que han determinado la importancia de valorar los bienes y servicios ecosistémicos y medioambientales de los que se goza “gratuitamente” pero por desgracia, solo su inminente escasez ha generado que se empiece a valorar los mismos. Gracias a sus estudios se ha acelerado el desarrollo acerca del pensamiento económico en este ámbito. Se puede establecer la relación existente entre externalidades y medio ambiente dado que la actividad humana y la producción en sí, requieren como materia prima bienes y servicios medioambientales que la mayoría de veces no son considerados en las cuentas nacionales y que en caso de generar impacto medioambiental tampoco son tomados en cuenta como un gasto. Por otra parte también se generan desechos que en muchos casos no pueden ser reabsorbidos o sintetizados por el medio ambiente (Labandeira Villot, León, y Vázquez, 2007), lo cual afecta al mismo. Todos estos impactos generados finalmente repercuten en la salud y bienestar humano.

En el caso de este estudio sabemos que la producción y desecho de artefactos para la iluminación, en este caso de focos incandescentes, CFLs y LED; también generarán efectos al medio ambiente por lo que se considera que vale la pena tomar en cuenta al impacto medioambiental como un argumento para promover la eficiencia de la generación eléctrica, mismo que puede llegar a ser muy representativo en el análisis económico, especialmente del

mediano y largo plazo, ya que la economía ambiental se basa en el concepto de desarrollo sostenible, el cual según la Asamblea General de la Naciones Unidas es: “Satisfacer las necesidades de la generación presente sin comprometer la capacidad de las generaciones futuras para satisfacer sus propias necesidades”.

Las consecuencias que genera el crecimiento que se da en la demanda de electricidad además de darse por el consumo de energía también se dan en la generación debido a la emisión de gases de invernadero especialmente dióxido de carbono (CO₂) y clorofluorocarbono (CFC) (Swee et al., 2015). Macedo (2012) indica por su parte que a pesar de que el consumo de los CFLs sean bastante eficientes comparados con los LED en términos de consumo de energía y emisiones de CO₂, este segundo factor se vería sustancialmente reducido con el uso de iluminación LED.

Cabe mencionarse también que Jean Pisani-Ferry en un artículo de revista científica (2009) plantea que es necesario considerar la emisión de gases de efecto invernadero generados por la falta de eficiencia en el consumo de energía. En este aspecto el autor indica que la eficiencia energética en las construcciones y edificios es prioritaria si se espera lograr alcanzar la meta planteada por el G-8 en los años 2008 y 2009 (en Japón e Italia respectivamente), de reducir la emisión de gases de efecto invernadero en un 50% para el año 2050. Swee et al (2015) indica que en el caso de Estados Unidos, los edificios y casas comerciales y residenciales consumen más de dos tercios de la electricidad del país. Ferry concluye que la inversión en eficiencia energética además de reducir los gases, también implicará un retorno con el cual al menos se pueda recuperar la inversión financiera.

Capítulo 1: Evolución del sector eléctrico en Ecuador y rol de la eficiencia energética dentro las políticas de Estado

Breve historia del sector eléctrico en Ecuador

El desarrollo del sector eléctrico ecuatoriano a lo largo de su historia ha ido ligado al desarrollo de la economía del país manteniendo ciclos de auge y recesión asociados con factores exógenos que responden a su naturaleza primario exportadora. Es decir, las políticas nacionales del sector eléctrico han respondido que coincide con las fases de auge y recesión de la economía como un todo.

Durante las últimas décadas del siglo XIX y las primeras del siglo XX, el país presentaba una economía poco avanzada en términos tecnológicos, focalizada principalmente en la producción cacaotera. Acosta (2001), describe a la economía ecuatoriana del siglo XIX como muy débil, con una deuda externa muy alta (heredada de la Gran Colombia) y con un poder político absolutamente ligado a la oligarquía, que era dueña de los medios de producción, lo cual marcaba una relación de opresión y explotación a hacia la mayor parte de la población y baja calidad de vida. Estas relaciones de poder no cambiaron con el auge cacaotero, sin embargo, comenzó una nueva época de reformas, ligadas principalmente el nuevo pensamiento liberal el cual entre otras cosas planteó que el consumidor debe ser tomado en cuenta como ente frágil pero activo en la economía y por lo tanto se debe procurar mejorar su bienestar. Esta fue la base para que en el Estado se piense que éste tiene que verse como un ofertante de servicios para toda la población.

A pesar de que en Ecuador no habría una política energética sino hasta los años 50 durante el auge bananero, lo que se puede denotar es que desde un principio cualquier inversión o reforma vendría ligada siempre a un periodo de crecimiento económico. Con la recesión de los años 30 los años dorados del cacao terminaron pero Ecuador quedaría marcado como un país primario exportador, lo cual se convertirá en un modelo a seguir tanto para los productores como para los hacedores de política económica quienes posteriormente buscarían en la demanda internacional productos de esta categoría y que posteriormente encontrarían al banano como su próxima estrategia de desarrollo.

El auge bananero tuvo su lugar aproximadamente entre los años 1948 y 1965, y durante este, para el año de 1962 se emite el Decreto de Emergencia No. 24 con el cual nace el Instituto Nacional de Electrificación (INECEL) como ente regulador, supervisor y ejecutor de las políticas estatales relacionadas con el sector eléctrico. Esto indica que por primera vez se avista la

necesidad de crear un plan para lograr abastecer de energía eléctrica como un servicio básico a toda la población en Ecuador, ya que para entonces este servicio era desordenado y tenía un alcance de tan solo el 35% de la población (Flores, 2011).

Para lograr este objetivo se contrató con fondos del auge bananero a un grupo de técnicos y especialistas que analizarían esta situación y diseñarían el primer Plan Maestro de Electrificación². En este plan se destaca la creación del Sistema Nacional Interconectado (SIN) y estudios de factibilidad para la creación de las centrales eléctricas de Paute, Pisayambo, Agoyán, Esmeraldas y Gonzalo Cevallos. Desafortunadamente junto con el fin del auge bananero se paralizaría la ejecución al Plan Maestro de Electrificación, el cual se estimó costaría 285,61 millones de dólares, pero cuyo presupuesto real alcanzó solo el 2% de este rubro lo cual según Flores (2011) únicamente alcanzó a cubrir las necesidades más básicas.

En 1972 junto con el auge petrolero, empieza también una nueva fase del sector eléctrico. En 1973 se plantea el Segundo Plan Maestro de electrificación, el cual sería asistido con los ingresos generados con las regalías del petróleo mismos que sí abastecerían por completo al plan por lo que se culminaron con éxito grandes obras como el Sistema Nacional Interconectado³ (SNI) y la central de Pisayambo. Esto implicó también que aumente el alcance del servicio hasta un 70% de la población con una política progresista que planteaba que los costos de la electricidad debían reducirse lo más posible para los usuarios en base a un modelo de eficiencia en la producción y distribución de tal forma que el país pueda volverse más competitivo gracias a una disminución en los costos de producción. Dadas estas circunstancias se plantea que la generación de energía tenga un enfoque hacia las hidroeléctricas a pesar de que su implementación es mucho más costosa que las de termoenergía, ya que en el largo plazo los costos de producción serán más baratos. Esto implicó que para la década de los 80 se construyan las centrales de Paute y Agoyán.

Esta visión de desarrollo, sin embargo, no fue suficiente para la economía del país debido a una serie de factores como el endeudamiento público, la corrupción de las autoridades, una ineficaz política monetaria, una matriz productiva mal enfocada y finalmente la caída de los precios del petróleo, que, entre otras causas generarían que para la próxima década la economía del país vaya de mal en peor (Acosta, 2001). Para esto nace una nueva tendencia ideológica internacional, el liberalismo. Esta ideología implicaría en el caso ecuatoriano que la década de los 90 comience una serie de políticas de privatización del sector eléctrico.

Cabe recalcar que a pesar de que se cumplieron grandes objetivos, el INECEL para entonces no se salvaba de ser otra de las entidades públicas corruptas e ineficientes de la época, en especial

² Los Planes Maestros Publicados por el CONELEC son aquellos realizados a partir del 2002 por lo que la información que se tiene respecto al primer y segundo Plan proviene de la tesis de Francisco Flores (2011).

³ El SIN es un anillo de transmisión que facilita la distribución a las distintas provincias y la incorporación de nuevos proyectos de generación eléctrica.

con respecto a la distribución y capacidad de cobro (Flores, 2011). Esta ineficacia se consolida claramente en las tres temporadas de racionamiento energéticos (apagones) cursadas en aquella época en los años 1992, 1993 y 1996 donde se denotó la incapacidad del Estado para ofrecer seguridad energética especialmente en épocas de estiaje, en las cuales el gobierno se vio obligado a importar electricidad desde Colombia y cuyos costos se estima rondaron entre los 600 y 1800 millones de dólares. Para sus últimos años esta entidad estaba burocratizada al máximo lo cual junto con la caída de los precios del petróleo generó una fuerte crisis y se planteó que el modelo o el sistema era erróneo por lo que para el 18 de septiembre de 1996 se promulgó la “Ley del Sector Eléctrico” (LRSE). Esta ley básicamente liquidaba a INECEL y reestructuraba el mercado de tal forma que las empresas eléctricas se convirtieron en sociedades anónimas para que empresas privadas inviertan y así generar un mercado de competencia que teóricamente sería más eficiente. Para esto se creó una nueva entidad encargada de regular el mercado tanto en tarifas del sector eléctrico como en políticas públicas y la planificación, el CONELEC, Consejo Nacional de Electricidad (Ministerio de Energía y Minas, 1996).

Según Flores, el problema básico de este nuevo enfoque neoclásico fue que se lo planteó de una forma populista y hasta demagógica ya que los problemas de corrupción e ineficiencia se mantuvieron, todo esto dado que básicamente: “nunca hubo un estudio serio que viabilizara la creación de un mercado competitivo alrededor de esta actividad (la producción de energía eléctrica)”. Esto implica que no se planteó un estudio que realmente proyecte el impacto de un mercado libre mientras que esta nueva modalidad de oferta de energía tuvo como objetivos: favorecer la producción de energía termoeléctrica (lo cual frenó los proyectos hidroeléctricos), deudas para el Estado (consecuencia de los gastos en subsidios al diésel necesario para la generación de termoelectricidad y gastos directos relacionados con las generadoras especialmente con respecto a los subsidios en las tarifas), nuevas modalidades de corrupción (dadas las nuevas relaciones del Estado con el sector privado, especialmente relacionado con los subsidios y las cuotas de combustible que el Estado les proveía a las termoeléctricas), una nueva burocratización para el sistema y una inversión muy por debajo de lo requerido lo que devengó en un freno hacia la calidad de oferta energética y a su alcance con respecto a los consumidores a nivel nacional.

En este punto se debe tomar en cuenta que la coyuntura de Ecuador hasta el año 2006 se había caracterizado por una continua inestabilidad económica con su recesión más profunda en el año de 1998 en el feriado bancario y la ingobernabilidad del país en la década de los 90s y principios del siglo XXI. Se empezó a plantear entonces un nuevo paradigma con respecto a la liberación económica cuyas consecuencias económicas fueron en varios aspectos totalmente contraproducentes y la cual finalmente se estigmatizaría. Una nueva tendencia económicamente “heterodoxa” nacida como una alternativa “capitalista” del socialismo y concebida esencialmente en Latinoamérica llegaría con un modelo con bases keynesianas que empezaría su implementación en Ecuador el año 2007 con el presidente Rafael Correa.

En esta coyuntura el gobierno plantea que el Estado debe ser en cierta forma “refundado” desde su base y con una nueva constitución aprobada en el año 2008 comienza un nuevo paradigma que establece que el Estado debe ser un ente controlador y participativo en la economía del país para alcanzar su desarrollo. Uno de los ejes primordiales fue el de ofrecer la mayor cantidad de servicios a la población considerándolos como una “inversión” social en el largo plazo. Se priorizó la construcción de carreteras, la atención de la salud pública y la educación en sus diferentes niveles, entre otros. Todo esto financiado con una nueva estructura que mejoró la recaudación de impuestos y con el clásico petróleo que siempre sustentó las inversiones en el país ya que para el año 2008 el precio del petróleo superaría la barrera de los 100 dólares con lo que el modelo de desarrollo económico “activado” con el gasto/inversión del Estado se volvería factible.

Para el sector eléctrico la nueva Constitución implicó un cambio significativo. Explícitamente se plantea en el artículo 249 que:

“El Estado garantizará que los servicios públicos, prestados bajo su control y regulación, respondan a principios de eficiencia, responsabilidad, universalidad, accesibilidad, continuidad y calidad; y velará para que sus precios o tarifas sean equitativos.”

Por otra parte el artículo 313 establece que:

“el Estado se reserva el derecho de administrar, regular, controlar y gestionar los sectores estratégicos,...”;

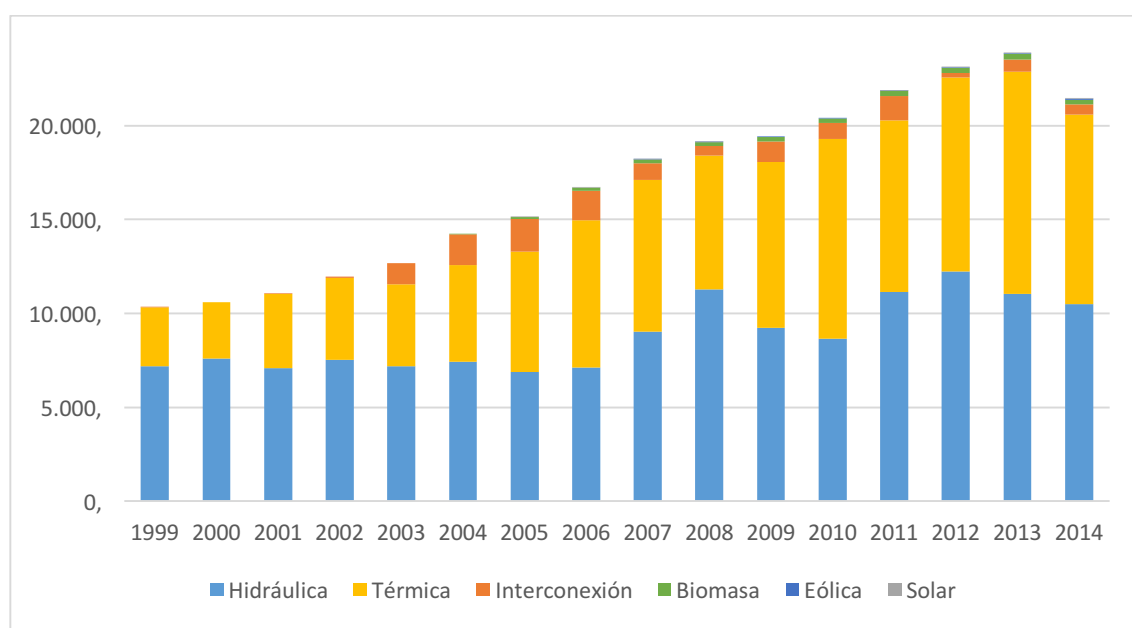
Estos cambios en la constitución establecen un cambio de paradigma respecto a la oferta de los servicios públicos, entre los cuales se encuentra la energía eléctrica. Esta nueva visión plantea que una vez más el Estado será ente ofertante del mismo y cambia la visión de privatización por una de control centralizado del servicio. Por otra parte, se debe indicar que uno de los sectores considerados estratégicos es el de la energía en todas sus formas. Para aplicar estos nuevos principios fue necesario imponer dos mandatos temporales con los cuales básicamente es ahora el Estado el que ofrece el servicio y por lo tanto se convirtió en socio mayorista de las empresas privadas que pasaron a ser mixtas; y también se eliminó las deudas originadas entre los actores del sector eléctrico. En este nuevo modelo es el Estado el encargado de la expansión del servicio y de la fijación de las tarifas.

Una vez más con las nuevas reformas se generaron nuevas problemáticas. Una de las mayores fue que al hacer el “cruce de cuentas”, se condonaron deudas al sector privado que además de perjudicar al Estado, premió la ineficiencia de aquellas empresas que debían más. El segundo gran problema, o potencial problema, es que al depender la inversión pública de los ingresos

petroleros, la misma se ve sujeta a la fluctuación de los precios del mismo, de tal forma que el sector eléctrico de Ecuador se mantiene como en sus inicios dependiente de una variable exógena.

A pesar de estos problemas, el actual régimen plantea un modelo que, dado su enfoque de expansión de la calidad y cantidad en la oferta energética, se ha orientado hacia la construcción de los grandes proyectos hidroeléctricos, ya planteados en los años 60⁴ (y algunos otros de energías limpias como el del parque eólico de Villonaco), que no solo beneficiarán al país por el lado de la seguridad energética, sino que también disminuirán los costos de la electricidad⁵, lo cual es beneficioso para el consumidor y para el Estado en cuestión de gastos. En este aspecto cabe recalcar que se han planteado varias políticas con respecto a los precios que ahora perciben los consumidores, especialmente los del sector residencial. Para el año 2010 se planteó un esquema de “tarifa única” que busca eliminar las diferencias de costos de energía para los consumidores en las diferentes provincias, siendo el Estado un subsidiario para este propósito y que para este mismo año representó un gasto de 144 millones de dólares.

Gráfico N.1. Producción Anual por tipo de energía (GWh)



Fuente: Ministerio de Electricidad y Energía Renovable (2015)

Elaboración: Juan José Almeida A.

Dentro de este contexto debe tomarse en cuenta que la tarifa no aplica de igual manera para todos los usuarios, sino que se ha mantenido el esquema de subsidio cruzado, el cual según Ximena Játiva en su disertación de grado (2009) plantea que, a pesar de que en el principio de

⁴ Específicamente son ocho proyectos en la actualidad: Coca Codo Sinclair, Minas San Francisco, Delsitanisagua, Manduriacu, Mazar Dudas, Toachi Pilatón, Quijos y Sopladora.

⁵ Según Francisco Flores la energía térmica es en promedio 170% más costosa que la hidroeléctrica.

redistribución no presenta un efecto considerable para la población, existe un efecto significativo en la equidistribución del mismo ya que este subsidio se concentra en los quintiles uno, dos y tres, siendo que el 20% de la población más pobre recibía el 26% del subsidio, mientras que el 20% más rico recibía el 4% de este.⁶

Con este nuevo enfoque de precios en el consumo donde “el que más consume, más paga”, se establecieron dos políticas al respecto. Por un lado se creó la tarifa de la dignidad, misma que subsidia a aquellos que consuman menos de 110 kW en la Sierra y 130 kW en la Costa, y que para el año 2012 representó 47.16 millones según el CONELEC (2013); y por otra parte se planteó la eliminación gradual del subsidio y un aumento considerable en las tarifas para aquellos usuarios que consuman más de 500 kW al mes. El actual régimen por otro lado empezó a tomar en cuenta que como parte de la seguridad energética el enfoque de la oferta de electricidad no era suficiente y siguiendo también una tendencia global (generada en los países más desarrollados) empezó a adoptar políticas de eficiencia energética tomando en cuenta las estimaciones del crecimiento de la demanda de energía que se dará en los próximos años. De estas políticas se hablará más adelante.

Para concluir la historia del sector eléctrico ecuatoriano se puede establecer que dentro de esta la ineficiencia ha ido de la mano de la oferta energética en el país, ya sea por corrupción o mala gestión de los actores; una ineficiencia que le ha costado al país más de 15 000 millones de dólares según Francisco Flores. Todo desde el punto de vista de la oferta energética ya que la demanda no se tomó en cuenta sino hasta hace pocos años. A pesar de esto ha habido épocas de auge donde se han planteado los ejes para el desarrollo de este sector y también se han dado algunos saltos en el desarrollo del mismo, siendo uno de los ejes centrales la eficiencia en el consumo de energía en el país, el cual se ha generado gracias a una nueva visión de seguridad energética planteada hace un par de décadas en el esquema internacional y adoptada hace un par de años en Ecuador. Sin embargo el sector eléctrico sigue ligado a los ciclos económicos y a las políticas de los gobiernos de turno. Más allá de esto se plantea tomar a la eficiencia en el consumo de energía eléctrica como un eje primordial para la seguridad energética la cual es un punto clave para el desarrollo de la economía del país.

Eficiencia energética como eje para la seguridad energética

“Por eficiencia energética se entienden todos aquellos cambios que conducen a una reducción de la energía utilizada para generar un servicio energético dado o un mejor servicio energético

⁶ Estudio realizado hasta el año 2009.

(calefacción, iluminación, etc.) o nivel de actividad (producción), etc.” (Biaou, Langlois, y Chabchoub, 2012)

Históricamente se ha considerado al uso de combustibles fósiles como los necesarios para la satisfacción de las necesidades energéticas de los países, ya sea para su consumo o como insumo para la generación de bienes y servicios. Esta búsqueda de energía es un tema muy relevante en el contexto geopolítico y en los planes de desarrollo de los países sin importar cuáles sean sus ideologías o el marco teórico en el que se plantee su economía ya que la energía es un recurso que se considera cómo básico para el desarrollo de los individuos. Más allá de esto ahora se conoce que la energía puede tener varias procedencias y diferentes usos. En el caso específico de Ecuador, los combustibles fósiles son abundantes (a pesar de que para la población no han estado disponibles siempre necesariamente), por lo que la insatisfacción de las necesidades energéticas, al menos desde el punto de vista del Estado, en el contexto de energía eléctrica sí ha sido un problema por resolver a lo largo de la historia del país. Esta falta de recurso eléctrico ha sido un freno para el desarrollo tanto de los individuos como para el país ya sea porque en una escuela rural no hay electricidad o porque un agricultor no ha podido darle un valor agregado a sus productos por falta de energía eléctrica. Estos son pequeños ejemplos que denotan que la electricidad es necesaria como insumo energético en el desarrollo sin importar la concepción teórica económica desde la que se plantee al mismo. Cabe destacar entonces que la energía eléctrica es un eje estratégico que debe tomarse en cuenta para el alcance de la seguridad energética en el país.

Dada esta introducción, se plantea que para el presente estudio el concepto de “seguridad energética” será enmarcado dentro del plano de la satisfacción de las necesidades de toda la población de Ecuador de tener un servicio de energía eléctrica dado que posteriormente se hablará de la participación de la iluminación en la eficiencia energética⁷, misma que utiliza a la energía eléctrica como insumo básico.

Como ya se ha analizado, la seguridad energética correspondiente a la energía eléctrica a lo largo de la historia del país ha convergido más hacia la utopía que a la realidad, dependiendo mucho de la situación económica del país y de los ingresos del Estado. Con respecto a la misma se han planteado dos problemas principales que la amenazan: la falta de alcance del servicio a nivel rural especialmente, y la infraestructura instalada que genera energía a costos muy altos (en el caso de las termoeléctricas), o que dependen de las lluvias como las hidroeléctricas y que hasta el momento han provocado cuatro temporadas de “apagones”, lo cual ha sido una muestra clara del problema de seguridad energética del país.

Por otro lado, la eficiencia energética al igual que la seguridad energética en el contexto económico internacional plantea a la energía en toda su magnitud y no solo en el contexto de

⁷ Más adelante se explicará cómo el uso de iluminación LED es más eficiente energéticamente.

energía eléctrica, por lo que se la ha relacionado con el uso de cualquier tipo de energía sin importar su procedencia, la cual puede derivarse del uso de combustibles fósiles, energía nuclear, la quema de carbón, etcétera; con el fin de satisfacer las necesidades humanas, la cual debe ser usada de la manera más eficiente de tal forma que se la pueda aprovechar al máximo. Para el presente estudio se especifica que al momento de hablar de eficiencia energética se plantea al uso mínimo de energía eléctrica para satisfacer las necesidades ya sea para consumo o como insumo para la producción.

“La eficiencia energética tiene en cuenta todos los cambios que resultan en una disminución de la cantidad de energía necesaria para producir una unidad de actividad económica o para satisfacer los requerimientos energéticos de los servicios que requieren las personas, asegurando igual o superior nivel de confort.” (CONELEC, 2013)

Como ya se mencionó, la eficiencia energética nace de un ámbito general de energía para luego especificarse en energía eléctrica. De esta manera se plantea la importancia de la eficiencia energética en el Plan Nacional para el Buen Vivir (PNBV) que es básicamente la visión a la cual deben alinearse todas las entidades públicas.

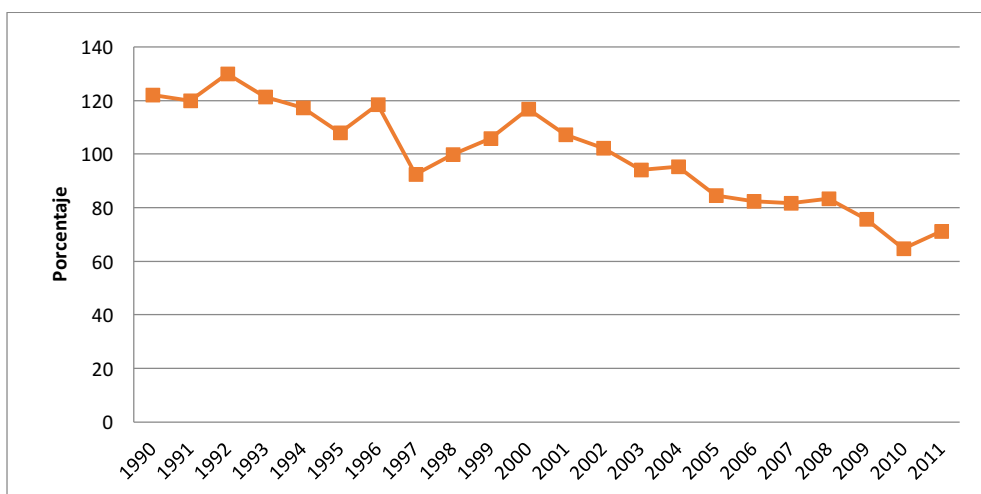
En el PNBV (2013) se pone en manifiesto que, dados los recursos potenciales de Ecuador, este es un país que es autosuficiente en términos totales de energía⁸ a pesar de que se encuentra en el segmento de países “suficientes no renovables”⁹. Dado esto se puede observar que un problema en este segmento es, que a pesar de que se poseen abundantes fuentes de energía o potencial energético y que por lo tanto Ecuador es un país exportador de petróleo (energía primaria), también es un importador de energía secundaria, principalmente de diésel, gasolina, naftas, y gas licuado de petróleo.

Como se puede observar en el Gráfico N.2 el índice de suficiencia secundaria, que es la diferencia entre la producción de energía secundaria del país y la oferta de la misma, ha disminuido durante las últimas décadas, lo que denota que en Ecuador se importa cada vez más derivados del petróleo, de los cuales se ha destinado una gran parte para la generación de energía eléctrica.

⁸ Es decir, que su potencial energético es capaz de satisfacer la demanda energética de la población.

⁹ Sus fuentes de energía son principalmente No Renovables.

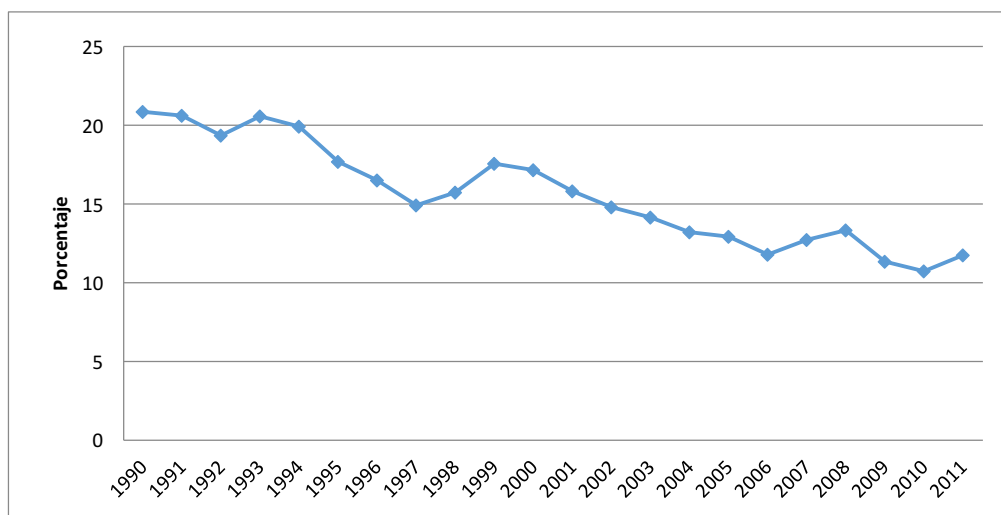
Gráfico N.2. Índice de suficiencia secundaria (1990-2011)



Fuente: SENPLADES (Secretaría Nacional de Planificación y Desarrollo) (2013)
Elaboración: SENPLADES

También se debe observar la tendencia del índice de energía renovable, el cual indica cuál es el porcentaje de la oferta energética del país producto de fuentes de energía renovables. Como se muestra en el Gráfico N.3, desafortunadamente este índice también ha disminuido con el pasar de las décadas.

Gráfico N.3. Índice de energía renovable (1990-2011)

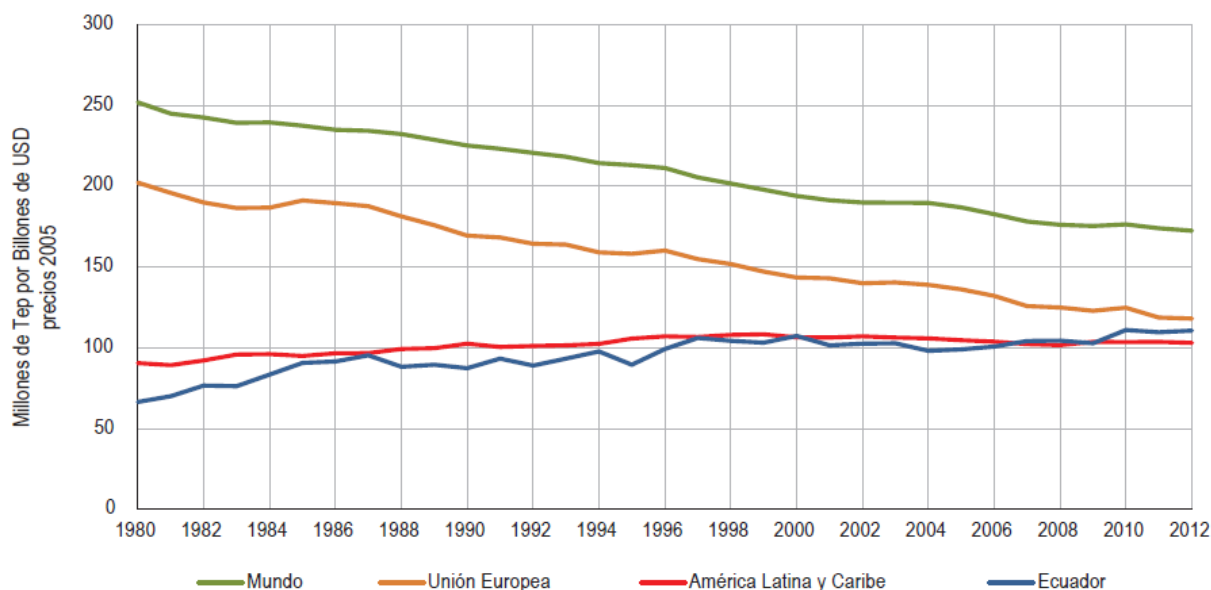


Fuente: SENPLADES (2013)
Elaboración: SENPLADES

Dado que la energía es un recurso limitado se plantea que debe ser utilizada de la manera más eficiente posible y se considera dentro del Plan Nacional para el Buen Vivir al “índice de

intensidad energética”¹⁰, como línea base para determinar proyectos que optimicen el uso de la energía en Ecuador, tomando en cuenta que en el caso ecuatoriano este índice desafortunadamente ha decrecido durante las últimas décadas y para el año 2011 este índice fue de 1.72, lo cual es superior al de América Latina que fue de 1.29. Una clara muestra es que en el periodo 2000-2011, la demanda nacional de energía aumentó en un 6.10% mientras que el PIB aumento solo un 4.37%.

Gráfico N.4. Comparación de Intensidad Energética



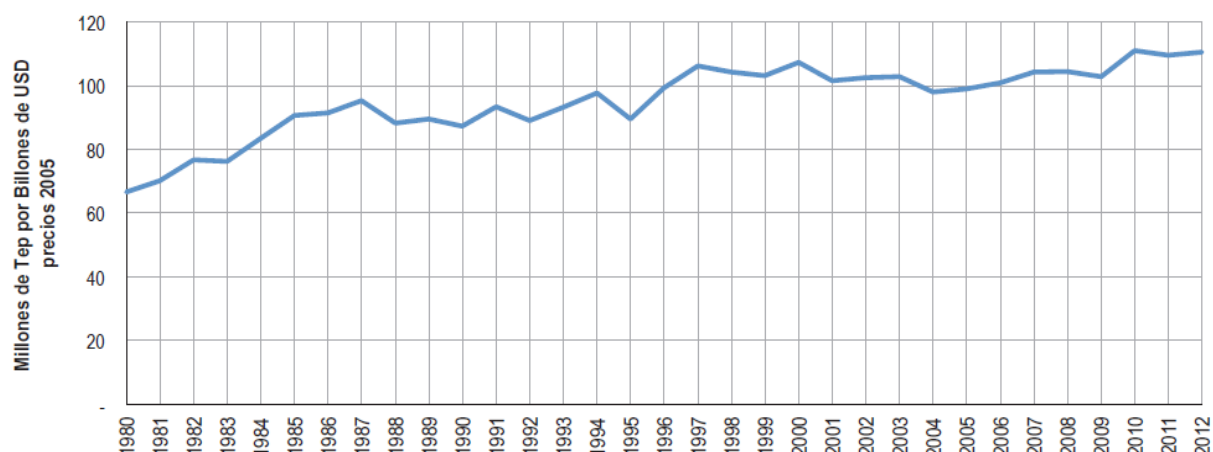
Fuente: Banco Mundial y BP Statistical Review of World Energy (2013)

Elaboración: SENPLADES

Como se puede observar en el Gráfico N.4, tanto la unión europea como el mundo presentan una tendencia a disminuir su intensidad energética, debido a las políticas de eficiencia energética que se implementan. Por el contrario, en América Latina y Ecuador la tendencia es estable con un leve aumento, pero en tasas menores que en el mundo. Esto se explica debido a que la producción es primaria y por lo tanto no requiere de una alta cantidad de insumos energéticos.

¹⁰ Es el cociente entre el consumo energético del país (medido en barriles equivalentes de petróleo, BEP) y el PIB en miles de dólares. Se interpreta como el número de unidades de energía necesarios para producir una unidad de riqueza.

Gráfico N.5. Intensidad Energética del Ecuador



Fuente: Banco Mundial y BP Statistical Review of World Energy (2013)

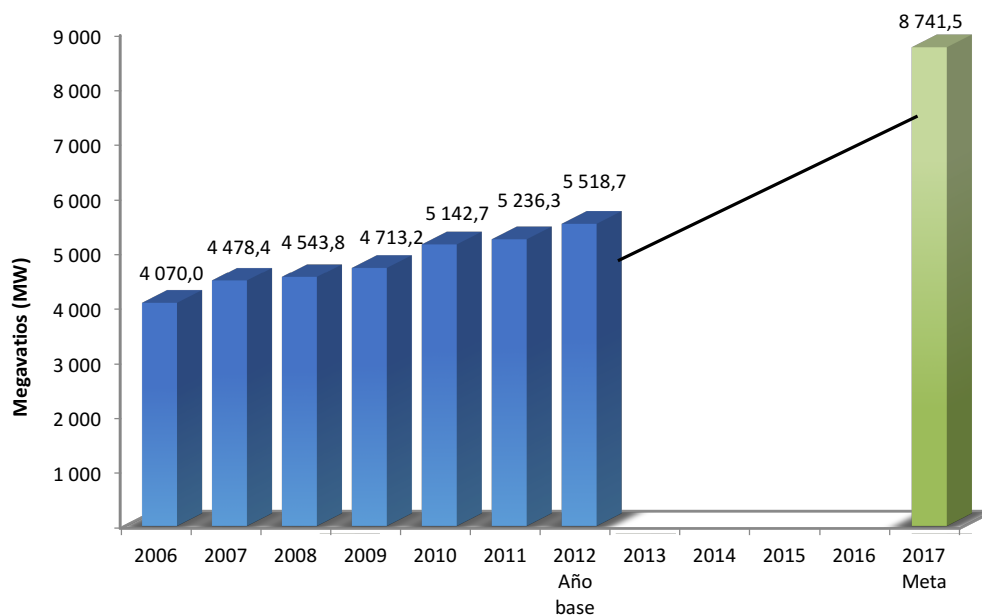
Elaboración: SENPLADES

En el caso específico ecuatoriano se denota que hasta el año 2000 hay un crecimiento de la intensidad energética y a partir de este punto se estabiliza. Ante este balance energético el gobierno ecuatoriano plantea como prioritaria la producción y el uso de energía de fuentes renovables¹¹ y por otra parte comienza el actual principal proyecto energético del país que es la Refinería del Pacífico, con la cual el Estado espera ahorrar aproximadamente 4500 millones de dólares al año en importaciones de energía secundaria.

Cabe exponer que en el Plan Nacional del Buen Vivir se establecen dos metas específicas relacionadas con la energía eléctrica. La primera es aumentar el potencial para la oferta energética y la segunda es aumentar la producción de energía renovable, como se muestra en los siguientes gráficos.

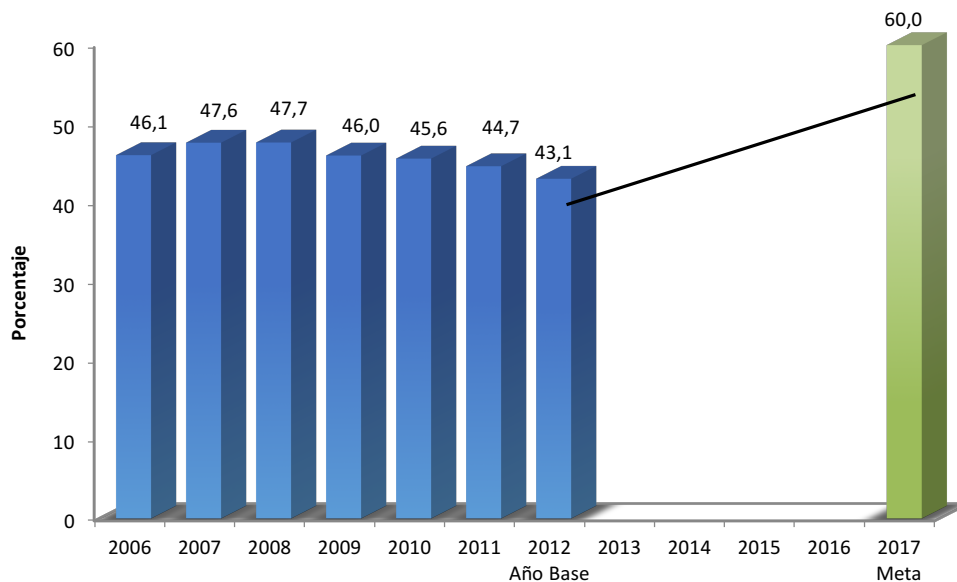
¹¹ Actualmente existen 13 proyectos hidroeléctricos en construcción, cinco proyectos con estudios terminados y cuatro proyectos adicionales con estudios en ejecución. También se establecieron proyectos eólicos, de energía solar y de biomasa.

Gráfico N.6. META en Capacidad instalada para la generación eléctrica (MW)



Fuente: SENPLADES (2013).
Elaboración: SENPLADES.

Gráfico N.7. META de Potencia instalada renovable (porcentaje)



Fuente: SENPLADES (2013)
Elaboración: SENPLADES

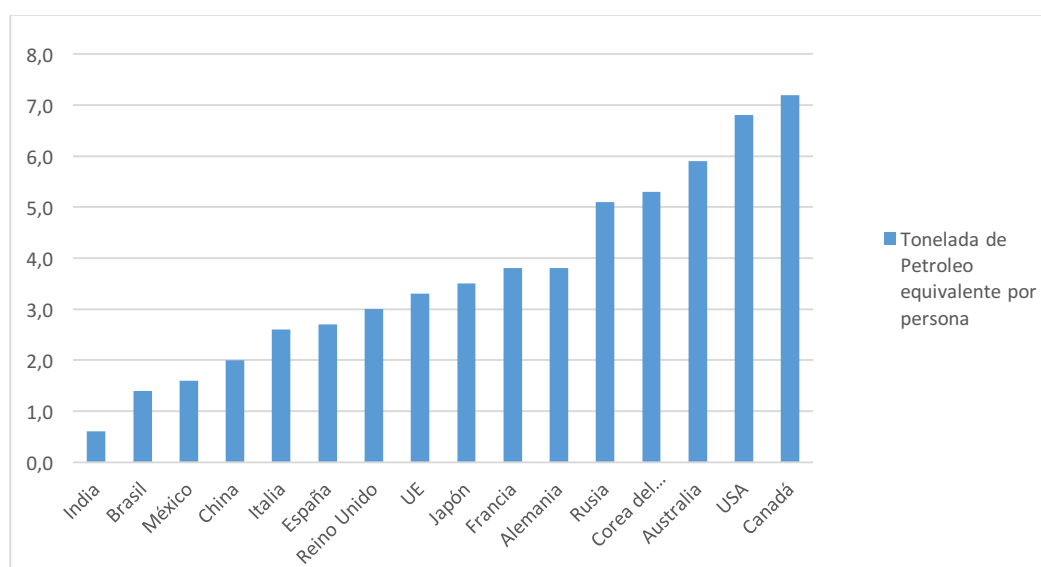
Estas ambiciosas metas denotan que el para el Estado es esencial la seguridad energética, misma que debe plantearse en el marco del uso de energías renovables como visión en el largo plazo, lo cual implicará una importante inversión pública, la cual, como se verá más adelante, no se

sostiene con el cobro del servicio sino directamente con fondos del Gobierno Central, lo que implica que la eficiencia energética en el marco del gasto público es esencial.

La eficiencia energética en el contexto internacional

La eficiencia energética es un tema global por lo que cabe establecer la visión de la misma con esta perspectiva. También se debe recalcar que la eficiencia energética envuelve a varios actores dentro de las sociedades como el gobierno, la industria, los transportistas, los constructores y en general las personas o usuarios; por lo tanto un análisis de la misma debe abarcar a todos los actores. El ACEEE (American Council for an Energy-Efficient Economy) realizó un “Reporte de eficiencia energética” en julio del 2014, donde se determinó en base a varios factores un ranking de los países más “eficientes” energéticamente. Para este estudio se tomó en cuenta a las 16 mayores economías¹² del mundo, las cuales representan más del 81% del PIB total global y el 71% del consumo del consumo de electricidad del planeta. En este análisis se tomó en cuenta cuatro factores: eficiencia energética en la industria, eficiencia energética de las construcciones (casas, edificios, etcétera), eficiencia energética en el transporte y políticas gubernamentales que promuevan la eficiencia energética. Los primeros resultados examinarse son los siguientes:

Gráfico N.8. Total de consumo de energía per-cápita

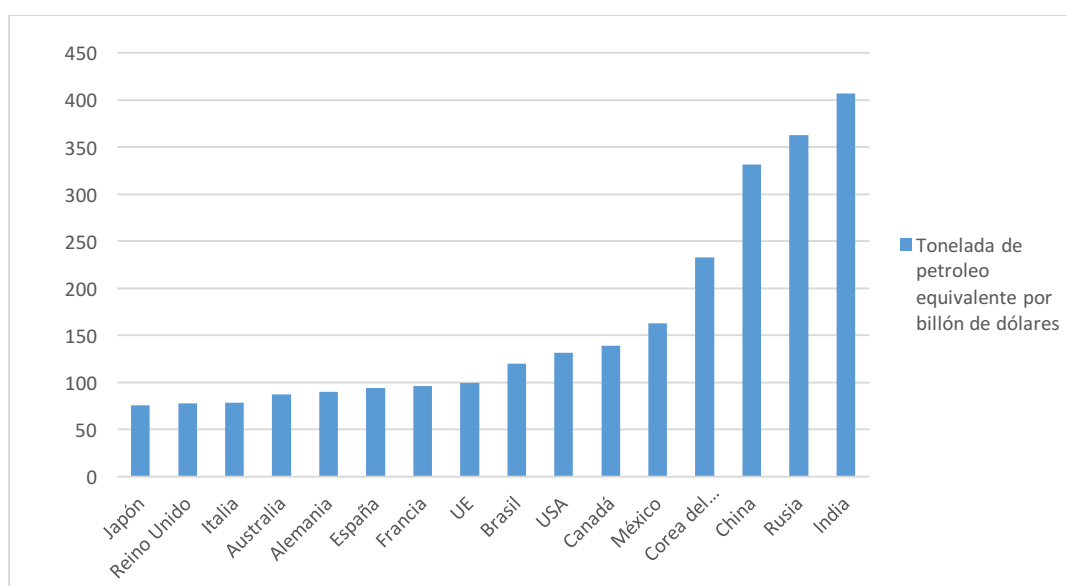


Fuente: ACEEE (American Council for an Energy-Efficient Economy) (2014).

Elaboración: Juan José Almeida A.

¹² Estas 16 economías incluye a 15 países y la Unión Europea, que fue tomada como un solo ente, excluyendo a Alemania, España, Francia e Italia; países que se representan concretamente dentro del ranking.

Gráfico N.9. Total de consumo de energía por dólar en el PIB



Fuente: ACEEE (2014)

Elaboración: Juan José Almeida A.

Como puede observarse, un menor consumo de energía no implica necesariamente un mayor beneficio. El claro ejemplo es el de la India, un país en el cual su consumo per-cápita de energía es el menor del ranking y sin embargo su relación entre producción y consumo de energía es el peor, un punto clave que denota que el consumo de energía es necesario para desarrollo pero debe ser lo más eficiente posible en el sentido de que se alcance la mayor cantidad de producción con la menor cantidad de consumo de energía. Japón en este caso es el país menor consumo de energía tiene con respecto a lo que produce. Sin embargo para el resultado final del estudio no es considerado como el país más eficientemente energético dados los cuatro factores antes mencionados y sus ponderaciones dentro del ranking. La eficiencia en producción y consumo de energía eléctrica en esta publicación está tomada en cuenta dentro de las políticas nacionales de eficiencia energética¹³, en la eficiencia en construcciones¹⁴ y eficiencia en la industria¹⁵.

¹³ Específicamente se analiza: la eficiencia en las plantas termales, las metas de eficiencia energética mandatorias por el Estado y el gasto del gobierno en investigación y desarrollo para la eficiencia energética.

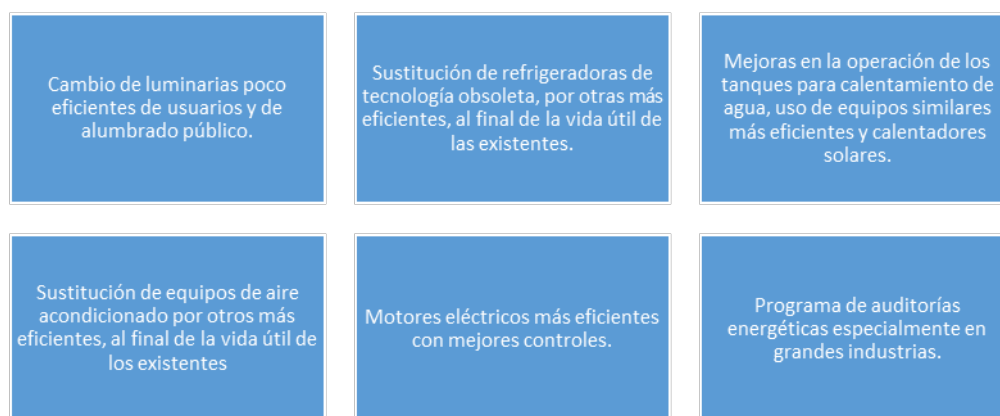
¹⁴ Las variables aquí son: intensidad de energía en las construcciones, normas, etiquetados y estándares para la construcción.

¹⁵ Las variables consideradas son: intensidad de la energía en la industria, electricidad generada, normas, desarrollo voluntario de eficiencia energética y acuerdos con las manufacturas.

Plan para el uso racional de la energía establecido por el MEER

Se puede decir que un primer hito que marcó la importancia la eficiencia energética en Ecuador fue cuando el INECEL, en 1994 realizó un estudio en el que se determinó que con una inversión anual del 1% a 2% de los ingresos anuales brutos de las empresas distribuidoras de Ecuador; se podía generar un ahorro de aproximadamente 422 GWh al año. En este estudio se plantearon las medidas de eficiencia energética que más pueden ayudar a conseguir este fin. Curiosamente muchas de ellas se han establecido como políticas en la actualidad. Estas medidas son:

Gráfico N.10. Políticas de eficiencia energética propuestas por el INECEL en 1994



Fuente: CONELEC (2015)

Elaboración: Juan José Almeida A.

Desafortunadamente no se implementaron acciones sino seis años después en el 2000, año en el que el CONELEC empezaría a promover acciones educativas con respecto al buen uso de la energía y al uso de lámparas fluorescentes compactas (focos ahorradores). Finalmente, para el año 2007, junto con la creación del MEER, se crea la Subsecretaría de Energía Renovable y a su vez dentro de esta, se creó la Dirección Nacional de Eficiencia Energética, dependencia que se encuentra a cargo directamente de la función que menciona su nombre.

Por su parte, también se crea en el año 2012 el Instituto Nacional de Eficiencia Energética y Energías Renovables (INER), el cual es el encargado de generar conocimientos y aportar al desarrollo de la ciencia, mediante el estudio, fomento, innovación y difusión de la eficiencia energética y la energía renovable; promoviendo las buenas prácticas para el uso racional de la energía y la implantación de tecnologías dirigidas al aprovechamiento de fuentes energéticas limpias y amigables con el ambiente («Instituto Nacional de Eficiencia Energética y Energías Renovables», s. f.).

El gobierno del presidente Rafael Correa, sin duda ha marcado un punto de quiebre en la historia de Ecuador. Más allá de los juicios de valor que se pueden emitir acerca de su gestión, se denota que a partir del año 2007 ha habido varios cambios estructurales en el país y uno de estos cambios fue la priorización de principios con respecto a la seguridad y eficiencia energética en el país en lo referente a la electricidad. Para esto se plantearon varios proyectos que pretenden satisfacer la demanda energética como la construcción de varias hidroeléctricas, planes para proveer de energía a poblaciones apartadas y políticas que disminuyan las pérdidas en generación y transmisión de energía.

Paralelamente el MEER establece un plan para el uso racional de la energía basado en cuatro ejes primordiales:

Gráfico N.11. Ejes del plan del MEER para el uso racional de energía



Fuente: MEER (2015)

Elaboración: Juan José Almeida A.

A continuación se indicará brevemente en qué consiste cada plan:

Plan de Normalización y Etiquetado.

La eficiencia energética se convierte en un tema tan vital para el plan de desarrollo planteado por el Gobierno que para Febrero del 2012 se crea bajo un decreto ejecutivo el “Instituto Nacional de Eficiencia Energética y Energías Renovables”. Como su nombre lo menciona, su misión consistirá en:

“desarrollar y otorgar las facilidades e insumos necesarios para que se puedan implementar proyectos y políticas que promuevan masivamente la eficiencia energética y energías renovables,

todo esto mediante la investigación científica y tecnológica” («Instituto Nacional de Eficiencia Energética y Energías Renovables » El Instituto», s. f.).

Los cuatro ejes de eficiencia energética establecidos plantean políticas, normas y proyectos de forma complementaria. De esta manera encontramos que dentro del primer eje el MEER junto con el INEN (Instituto Ecuatoriano de Normalización) y el COMEX (Ministerio de Comercio Exterior) han establecido las siguientes normas obligatorias:

Tabla N.1. Normas del INEN y el COMEX respecto a la eficiencia energética

Nº	Normas
1	Reglamento RTE INEN 036 “Eficiencia energética. Lámparas fluorescentes compactas. Rangos de desempeño energético y etiquetado que además regula las importaciones de tal forma que solo se permite la comercialización de lámparas fluorescentes compactas (focos ahorradores) etiquetados con los rangos de desempeño energético A y B.
2	RTE INEN 035” Eficiencia energética en artefactos de refrigeración de uso doméstico. Reporte de consumo de energía, métodos de prueba y etiquetado” y sus modificatorias en la que se estableció que a partir de marzo de 2011 se permite únicamente la comercialización de aparatos de refrigeración de rango energético A
3	RTE INEN 072 “Eficiencia Energética para acondicionadores de aire sin ducto”, mismo que entró en vigencia desde el 29 de mayo de 2013.
4	RTE INEN 094 “Eficiencia energética de bombas y conjunto motor-bomba, para bombeo de agua limpia, en potencias de 0,187 kW a 0,746 kW y etiquetado”
5	RTE INEN 101 “Aparatos electrodomésticos para cocción para inducción”
6	RTE INEN 109 “Eficiencia térmica de calentadores de agua a gas”
7	RTE INEN 110 “Calentadores de agua eléctricos de acumulación”
8	RTE INEN 111 “Eficiencia Energética. Máquinas secadoras de ropa. Etiquetado”
9	RTE INEN 112 “Eficiencia energética para ventiladores, con motor eléctrico incorporado de potencia inferior o igual a 125 W”.
10	RTE INEN 117 “Eficiencia Energética en Televisiones. Reporte de Consumo de Energía, Método de Ensayo y Etiquetado”

11	RTE INEN 122 “Eficiencia energética en hornos eléctricos. Reporte de consumo de energía y etiquetado”
12	RTE INEN 123 “Eficiencia energética para hornos microondas”
13	RTE INEN 124 “Eficiencia energética y etiquetado de máquinas lavadora-secadora de ropa”
14	RTE INEN 133 “Lavavajillas. Eficiencia energética y Etiquetado”
15	PRTE INEN 138 “Eficiencia energética para ventiladores de motor de potencia eléctrica de entrada”
16	PRTE INEN 141 “Requisitos de seguridad y eficiencia energética para transformadores de distribución.”

Fuente: MEER (2015)

Elaboración: Juan José Almeida A.

Se establecieron también normas voluntarias:

Tabla N.2. Normas voluntarias respecto a la eficiencia energética

Nº	Normas Voluntarias
1	NTE INEN 2498 “Eficiencia Energética en motores eléctrico estacionarios”
2	NTE INEN 2506 “Eficiencia Energética en Edificaciones”
3	NTE INEN 2507 “Rendimiento térmico de colectores solares en sistemas de calentamiento de agua para uso sanitario. Requisitos”
4	NTE INEN 2511 “Eficiencia energética en cámaras de refrigeración instaladas en vehículos automotores. Requisitos”
5	NTE INEN 2567 “Eficiencia Energética en cocinas de inducción de uso doméstico. Requisitos”

6	NTE INEN 2555 “Seguridad en cocinas de inducción”
---	---

Fuente: MEER (2015)

Elaboración: Juan José Almeida A.

También se plantearon políticas que gestionaron varias resoluciones:

Tabla N.3. Resoluciones emitidas respecto a la eficiencia energética

Nº	Resoluciones
1	Resolución COMEXI 505: Se emitió dictamen favorable para el diferimiento arancelario (0% advalorem) de lámparas compactas fluorescentes compactas (focos ahorradores) de rango A (alta eficiencia) así como para tubos fluorescentes T5 y T8 de mayor eficiencia.
2	Resolución COMEXI 529: Se prohíbe las importaciones de focos incandescentes entre 25 y 100W de uso residencial a partir de enero de 2010.
3	Resolución COMEXI 595: Incluye a los artefactos de refrigeración en la Resolución 450 del COMEXI que contiene al nómina de productos sujetos a controles previo la importación.
4	Resolución COMEX 076: Restringe la importación de equipos acondicionadores de aire de rango B, C, D E, F y G.
5	En el marco del proyecto Eficiencia Energética en la Industria ejecutado por el MEER con el apoyo del Fondo para el Medio Ambiente Mundial (FMAM) a través de la Organización de las Naciones Unidas para el Desarrollo Industrial (ONUDI), se adoptó la norma ISO 50001, como NTE INEN ISO 50001 “Sistemas de Gestión de Energía. Requisitos con orientación para su uso”.

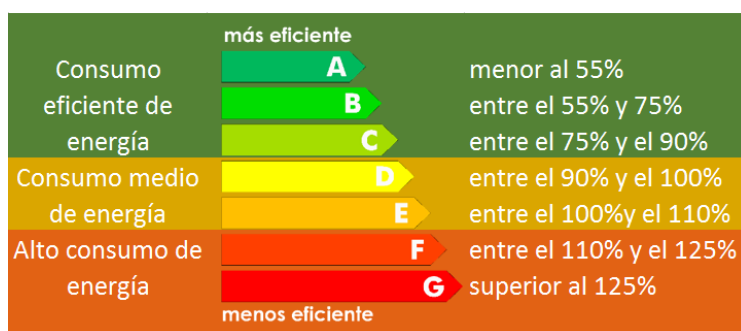
Fuente: MEER (2015)

Elaboración: Juan José Almeida A.

Etiquetas que deben presentar los productos:

La etiqueta muestra diferentes barras con letras y colores que sirven como una ayuda para que el consumidor adquiera electrodomésticos energéticamente eficientes. A través de estas se puede determinar el porcentaje de energía que consume un producto con respecto a la media. Generalmente los productos más eficientes son más caros, sin embargo la reducción en el consumo de energía puede compensar o incluso superar los costos de los equipos generando así un ahorro en el largo plazo para el consumidor.

Gráfico N.12. Interpretación de las etiquetas



Fuente: MEER (2015)

Elaboración: Juan José Almeida A.

Eficiencia energética en la industria.

Con el fin de mejorar el desempeño energético del sector industrial, el MEER implementó el proyecto de “Eficiencia Energética para la Industria (EEI)”. El cual costará aproximadamente 4,75 millones de dólares y cuenta con el apoyo del Fondo para el Medio Ambiente Mundial (FMAM) a través de la Organización de las Naciones Unidas para el Desarrollo Industrial (ONUDI). Esta organización financiará aproximadamente el 21% (975.000 dólares), mientras que el MEER aportará con el 45% aproximadamente (2,14 millones de dólares). El 34% restante deberá ser asumido por el sector privado ecuatoriano. Para esto se plantearon cuatro actividades principales con sus respectivas metas a cumplirse. Los resultados de este proyecto hasta mayo del 2014 son los siguientes:

Tabla N.4. Resultados a mayo 2014 del EEI

Actividades	Meta	Realizado	Porcentaje
Técnicos nacionales formados como: Expertos en Sistemas de Gestión y Energía	25	16	64%
Técnicos nacionales formados como: Expertos en Optimización de Sistemas Motrices y de Vapor	50	25	50%
Taller de usuarios en Sistemas de Gestión y Optimización de Sistemas	400	334	84%
Representantes de industrias que obtienen formación en SGE en talleres de dos días	200	267	134%

Fuente: MEER (2015)

Elaboración: Juan José Almeida A.

Eficiencia energética en el sector público.

En el caso de eficiencia energética para el sector público, para el año 2007 se realizaron estudios para diagnosticar la eficiencia en el consumo de electricidad en los edificios públicos en Quito y el 21 de abril del 2009 el presidente Rafael Correa emitió un decreto ejecutivo en el cual señala la importancia la eficiencia en la iluminación y el ahorro de energía en todas las instituciones públicas. De esta manera cada institución tiene la obligación de promover la cultura de ahorro

y el uso eficiente de la energía en coordinación con la Dirección de Eficiencia Energética del MEER y asumir el costo con su propio presupuesto.

Dentro de este marco se llevó a cabo también el proyecto de “Alumbrado Público Eficiente”, el cual se considera de alta importancia dado que este alumbrado supone el 6% del consumo nacional eléctrico. Con este proyecto se sustituyeron 61.610 iluminarias públicas por otras más eficientes, con lo cual se disminuye el consumo de electricidad aproximadamente 20 GWh al año. También se establecieron Normas que dictaminen que dentro de la planeación y diseño de los espacios públicos, debe haber un marco de eficiencia energética en la iluminación.

En el siguiente cuadro se presenta el número de iluminarias que se reemplazó en las zonas de las diferentes empresas regionales de la CNEL.

Tabla N.5. Reemplazo de iluminaria pública por parte del CNEL

<i>Empresas regionales de CNEL</i>	<i>Nº de iluminarias reemplazadas</i>
Milagro	2.216
Los Ríos (Babahoyo)	5.182
Santa Elena	7.000
Sucumbíos	3.955
Manabí	14.000
Guayas Los Ríos (Durán)	7.500
El Oro	1.889
Bolívar	2.868
Santo Domingo	8.000
Esmeraldas	9.000
TOTAL	61.610

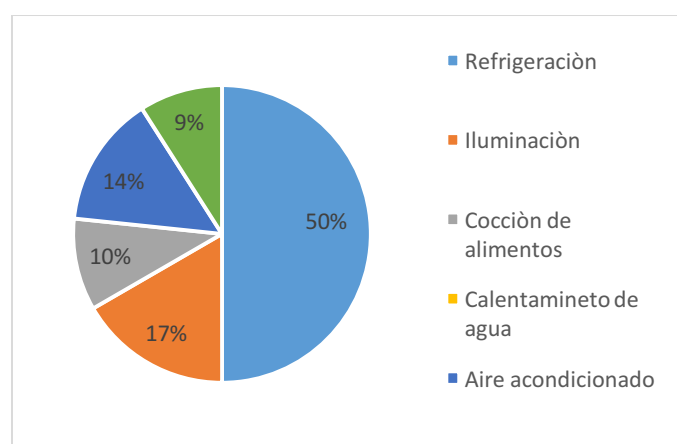
Fuente: MEER (2015)

Elaboración: Juan José Almeida A.

Eficiencia energética en el sector residencial.

Se debe recalcar que el sector residencial para el año 2014, demandó el 39,4% de la energía facturada en el país, lo cual indica la importancia del mismo como objeto de políticas y programas para el ahorro de energía. Para determinar programas de ahorro, el MEER utilizó un estudio realizado por el ex-INECEL en 1993, donde se establecieron los equipos que gastan más energía eléctrica en los hogares. Los resultados son los siguientes:

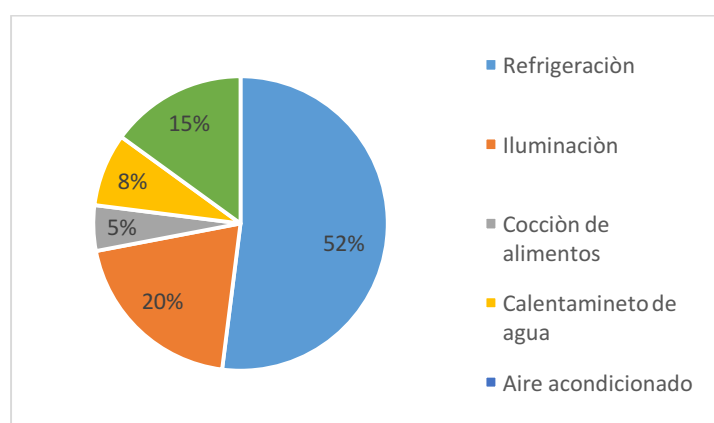
Gráfico N.13. Usos finales de la energía en la región Costa 1993



Fuente: CONELEC (2015)

Elaboración: Juan José Almeida A.

Gráfico N.14. Usos finales de la energía en la región Sierra 1993



Fuente: CONELEC (2015)

Elaboración: Juan José Almeida A.

Como se puede observar, la refrigeración y la iluminación son los dos principales gastos de energía eléctrica en los hogares, ya sea en la Sierra o en la Costa. Estos dos tipos de equipos, junto con la cocción de alimentos, que también ocupa un importante porcentaje dentro del gasto energético, serán ejes para el desarrollo de Programas y proyectos de eficiencia energética en el sector residencial.

Estos datos motivaron al MEER a realizar nuevos estudios y consultorías que llevarían a la propuesta de planes para promover el uso eficiente de la energía en el sector residencial.

Específicamente se han realizado tres proyectos:

- “Programa para la Renovación de Equipos de Consumo Energético Ineficiente – Proyecto N° 1 Sustitución de Refrigeradoras ineficientes”
- Proyecto Piloto de Cocinas de Inducción

- Proyecto de “Sustitución de focos ahorradores por Incandescentes” Ahorro Energético

Sustitución de Refrigeradoras ineficientes: El programa para sustitución de refrigeradoras pretende reemplazar 330.000 unidades viejas por unas de alta eficiencia. Para esto se otorga un incentivo económico a cambio del equipo viejo y también se otorga un préstamo para la adquisición del equipo nuevo que puede ser pagado a 12, 24 o 36 meses con una tasa de interés del 5%. Este programa que empezó en el año 2014 y hasta abril 2014 sustituyó 28.251 refrigeradores a nivel nacional. Se prevé que el programa dure cinco años («Ministerio de Electricidad y Energía Renovable», s. f.).

Una vez que se adquiere el nuevo equipo, se estima que para los beneficiarios se genera un ahorro anual mensual de entre 6,00 y 8,00 dólares en el consumo de su planilla eléctrica y que para el 2016 se generará una reducción nacional en el consumo de energía de 216 GWh (CONELEC, 2013b).

Cocinas de Inducción: En el caso de las cocinas de inducción la visión es diferente ya que se apunta al reemplazo del consumo del gas licuado de petróleo (GLP) por energía eléctrica, debido a que se prevé que con los proyectos hidroeléctricos, la oferta energética por parte del Estado será capaz de satisfacer con creces la demanda interna y a un costo muy bajo; además de que la fuente de energía pasa de ser no renovable a renovable. De esta manera se puede sustituir la importación y subsidio de hidrocarburo, con lo cual el Estado aspira ahorrar hasta 800 millones de dólares en subsidio al gas. Para el año 2011 la Agencia de Regulación y Control Hidrocarburífero (ARCH), determinó que el consumo de GLP en los hogares fue de 929.505 toneladas y que el 80% fue destinado para la cocción de alimentos. El programa pretende incorporar 3,5 millones de cocinas eléctricas durante entre el 2015 y 2017; y 1,54 millones más hasta el año 2022. Este proyecto en el año 2010 con un proyecto piloto realizado en Tulcán donde se reemplazaron 2.870 cocinas. Posteriormente se adhirieron al proyecto algunos cantones del Carchi, donde se entregó 563 cocinas de inducción. Cabe recalcar que además de entregar la cocina, se otorga un juego de ollas, ya que no todas pueden funcionar con las cocinas de inducción y además de instala un enchufe especial¹⁶ al cual debe ir conectado la cocina.

Actualmente se han implementado medidas arancelarias que disminuyen el costo de las cocinas de inducción en general y aumentan el precio de las cocinas de gas, con lo cual se pretende incentivar el consumo de estas nuevas cocinas a todos los consumidores.

Sustitución de focos ahorradores por Incandescentes: Luego de algunos planes piloto llevados a cabo en Cuenca, el MEER decide implementar el proyecto de “Conversión Tecnológica en la

¹⁶Debido a que el voltaje normal en un hogar en Ecuador es 110 voltios y la cocina requiere 220 voltios para su funcionamiento.

Iluminación Residencial, mediante la introducción masiva de lámparas fluorescentes compactas”. Este proyecto, se planteó en el año 2007 y fue el primer proyecto realizado por el Gobierno Nacional con el objetivo de disminuir el consumo de electricidad en los hogares, especialmente en horas pico, así como el subsidio a combustibles utilizados para generación eléctrica. En su primera fase sustituyó seis millones de focos en los sectores donde había menor consumo de energía (menos de 150 kWh/mes). Para esto se eliminaron totalmente los aranceles para los focos ahorradores y se emitió una resolución a través del Consejo de Comercio Exterior (COMEX) para prohibir la importación de focos incandescentes de uso residencial a partir del año 2010.

Para el año 2010 también se extendió el proyecto y se reemplazaron diez millones de focos más. Esta segunda parte del proyecto se aplicó principalmente en las entidades públicas como escuelas, hospitales y edificios en general. Todo esto con el objetivo de disminuir el gasto de los consumidores en electricidad y el subsidio del Gobierno central destinado a estos.

Tecnología CFL y eficiencia energética

La lámpara incandescente o bombillo eléctrico, de manera simplificada consiste en calentar mediante energía eléctrica un filamento metálico¹⁷, dentro de una ampolla de vidrio transparente que puede contener un gas noble o encontrarse al vacío. Como consecuencia del calentamiento del metal se produce luz. Este gran invento permitió por primera vez que el ser humano fuera capaz de desarrollar actividades nocturnas con una alta eficacia lo cual implicó un mejor estilo de vida y una nueva oportunidad de desarrollar planes para que las industrias puedan trabajar en las noches. La iluminación mediante el uso de focos incandescente ha sido históricamente la más utilizada (Barquín y Gil, 2004).

Luego de que pasara un siglo de su invención, las nuevas tecnologías para la iluminación empezaron a tener su auge. Esto tomando en cuenta que los focos incandescentes gastan la mayor parte de la energía que reciben generando calor y no luz lo cual es ineficiente. Se empezó a proponer algunas alternativas pero en especial para finales del siglo XX se perfeccionó la iluminación a través de lámparas fluorescentes compactas (sus siglas en inglés son C.F.L, Compact Fluorescent Lamp), las cuales tienen marcadas ventajas sobre las lámparas incandescentes actuales.

¹⁷ Originalmente fue de carbono. Las bombillas actuales tienen un filamento de wolframio.

Existen varios tipos de lámparas fluorescentes:

- *Tubos luminosos de neón*: Son las lámparas comúnmente utilizadas en publicidad o anuncios luminosos
- *Tubos fluorescentes de arranque rápido*: Trabajan con un transformador de arranque rápido pero necesitan boquillas especiales destinadas únicamente al uso de este tipo de lámparas.
- *Lámparas fluorescentes compactas*: Se adaptan directamente a las boquillas de focos incandescentes.

Comparación de los CFLs con las lámparas incandescentes

Para efectos prácticos del presente estudio al momento de realizar un análisis de eficiencia en los diferentes tipos de focos se tomarán en cuenta cuatro factores fundamentales: El precio de los focos, el consumo de energía, la vida útil de los mismos y sus costos indirectos en el largo plazo¹⁸. En un primer instante se compararán las tres primeras variables entre las diferentes lámparas para determinar la eficiencia en costos directos, para luego analizar los costos indirectos. Estos factores se consideran como determinantes y en base a estos cuatro factores se determinará la eficiencia de las lámparas a pesar de que, como ya se mencionó, existen muchas otras variables como: la radiación que emiten, el tiempo de encendido, su resistencia a la intemperie, tonalidades de los colores, el calor que producen, etcétera.

A continuación se presenta una comparación entre los focos incandescentes y los focos ahorradores:

Tabla N.6. Comparación entre focos incandescentes y ahorradores

Variables	Tipo de foco	
	Incandescente	C.F.L.
Consumo eléctrico (Vatios de potencia)	75 W	20 W
Horas de vida (promedio)	1000	8000
Precio de venta al público en Ecuador	0,80 USD	3,31 USD

Fuente: (Moposita, 2012) y levantamiento de información (2015).

Elaboración: Juan José Almeida A.

*El precio del CFL se ha actualizado conforme a los datos mostrados en el Capítulo 3

Como se puede observar, las lámparas fluorescentes (focos ahorradores) consumen un 73% menos de electricidad que los focos incandescentes, mientras que su vida útil es de ocho veces más larga. Con respecto a los precios de estos focos, el valor del CFL es tres veces mayor, sin embargo en el largo plazo el ahorro con esta tecnología es considerable, tanto que, después de que implantara el programa de sustitución de focos incandescente por ahorradores, la demanda

¹⁸ Costos dado el impacto en el medio ambiente y en la salud humana.

de energía disminuyó en horas pico en 239 MW en todo el país y generó para el Estado un ahorro en términos de subsidios de aproximadamente siete millones de dólares al mes (SENPLADES, 2010).

Capítulo 2: Costos que implica el sistema de iluminación residencial actual en Ecuador

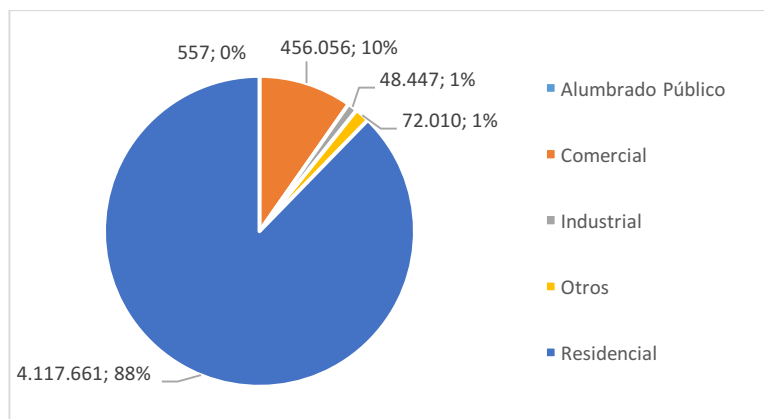
Se puede definir a dos actores para que los hogares puedan tener energía eléctrica y de esta forma iluminación; los oferentes de energía y los demandantes. En el caso de la oferta de energía se define al Estado como actor ya que la electricidad es un servicio público, al menos en el sector residencial. Por su parte, los demandantes vienen a ser los hogares. A continuación se analizará el costo que implica la iluminación del sector residencial para cada uno de estos actores.

Costos para los consumidores

Consumo eléctrico en el sector residencial.

Como ya se mencionó, la demanda de electricidad se divide en cinco sectores: Industrial, Alumbrado Público, Comercial, Residencial y Otros. Por otra parte, se conoce que el sector residencial para el año 2014 tuvo 4.117.661 usuarios lo que representa el 88% del total lo cual puede observarse en el Gráfico N.15. Este es indica que el sector es representativo ya que debe considerarse también que cada usuario del sector residencial representa a un grupo familiar.

Gráfico N.15. Número de clientes por sector (año 2014)

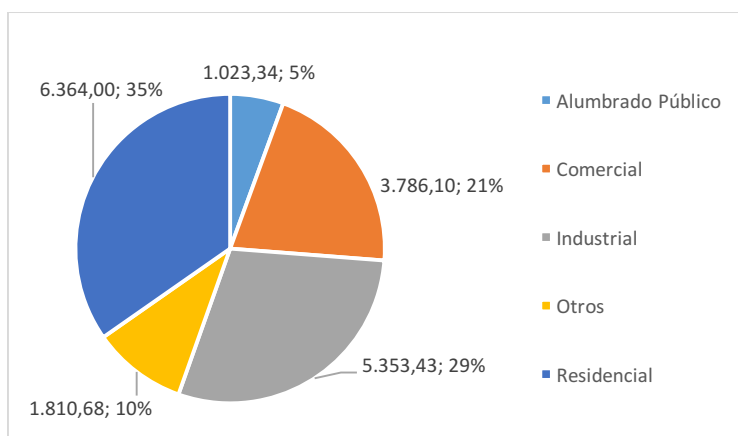


Fuente: CONELEC (2015)

Elaboración: Juan José Almeida A.

El sector residencial es el que menos energía consume por cliente, por esta razón puede observarse en el Gráfico N.16, cómo, a pesar de que se mantiene como el sector que más electricidad consume en el país, el porcentaje es mucho menor que el del número de clientes. A pesar de esto sigue manteniéndose como el primer consumidor de entre todos los sectores.

Gráfico N.16. Consumo de energía por sector (GWh)

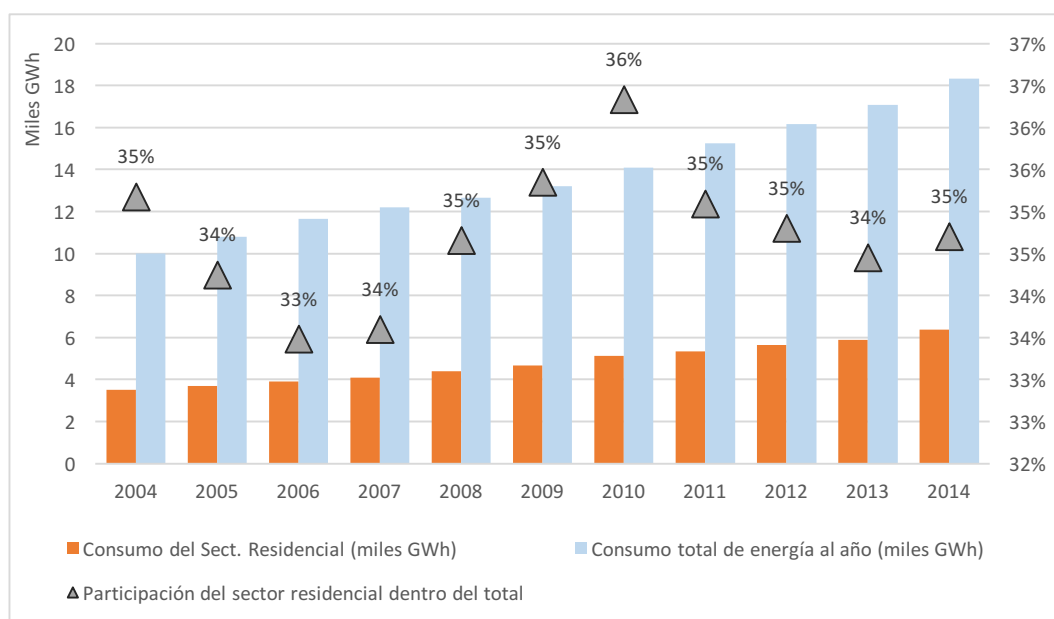


Fuente: CONELEC (2015)

Elaboración: Juan José Almeida A.

Desde el año 2004 el sector residencial ha demandado entre el 33,5% y 36,3% de la energía total demandada a nivel nacional como puede observarse en el Gráfico N.17 a continuación se puede observar que ha habido una tendencia creciente tanto de la demanda total de energía así como de la demanda en el sector residencial, manteniendo una proporción relativamente estable a lo largo de los últimos diez años. Debe tomarse en cuenta que este dato representa el consumo de energía final “neto” de los usuarios, debido a que en los procesos de transmisión y distribución de energía hay pérdidas de la misma por lo cual la energía generada en las plantas será mayor a la consumida.

Gráfico N.17. Consumo anual de energía (GWh)



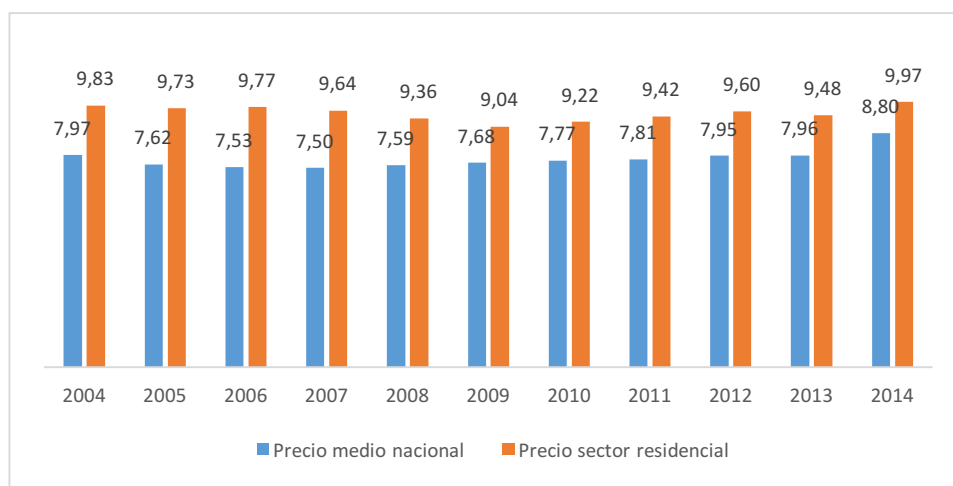
Fuente: CONELEC (2015)

Elaboración: Juan José Almeida A.

La demanda nacional de energía pasó de 9.924,29 GWh a 18.337,56 GWh entre los años 2004 y 2014 lo que implica un aumento de la demanda del 83,48% en diez años. Para el caso específico del sector residencial, la demanda pasa de 3.515,64 GWh a 6364,00 GWh en el mismo periodo, lo que implicó un aumento del 81,02%

Para este análisis debe tomarse en cuenta que se presentarán los costos del consumidor relacionados únicamente con el consumo de kW/h dado que históricamente en Ecuador se han realizado cobros de otros servicios junto con la planilla de luz, tales como, bomberos, recolección de basura, servicio de alumbrado público y el costo de distribución de la planilla, entre otros. En el Gráfico N.18 a continuación se presenta la evolución de la tarifa eléctrica residencial promedio así como la tarifa promedio total de energía a nivel nacional de los últimos diez años.

Gráfico N.18. Precios medios de la energía eléctrica a clientes (c/kWh)



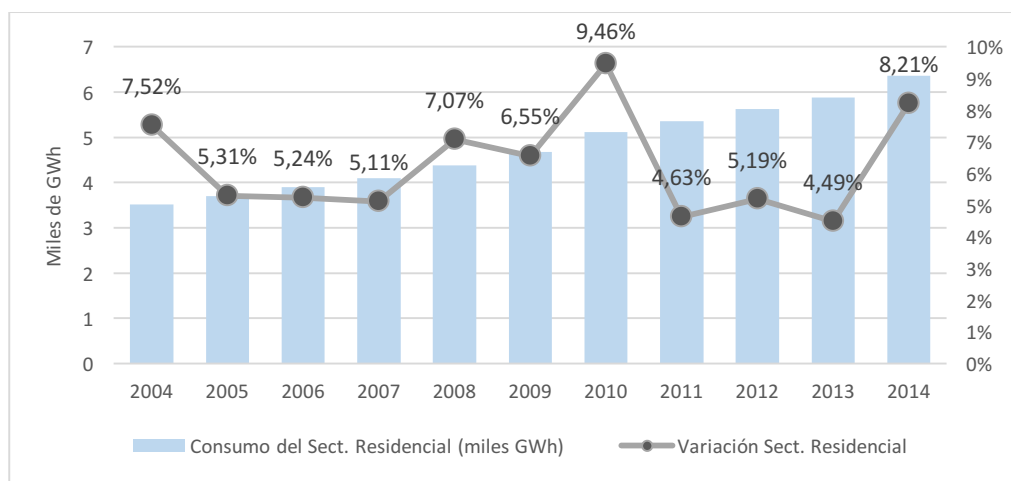
Fuente: CONELEC (2015)

Elaboración: Juan José Almeida A.

La tarifa eléctrica se ha mantenido bastante estable desde el año 2004, tanto para el sector residencial, como para la tarifa promedio en general, con excepción del año 2014 en que se presentan las tarifas más altas de todo el periodo dado que hubo una reestructuración en las tarifas. Se puede observar en el Gráfico N.18 que para el año 2014 aumenta tanto el precio medio, como la tarifa del sector residencial; esto es, dada una reestructuración que hubo en el subsidio cruzado de la tarifa eléctrica en el año mencionado.

A continuación se presenta la evolución del consumo de energía del sector residencial en Ecuador.

Gráfico N.19. Evolución del consumo de energía del sector residencial

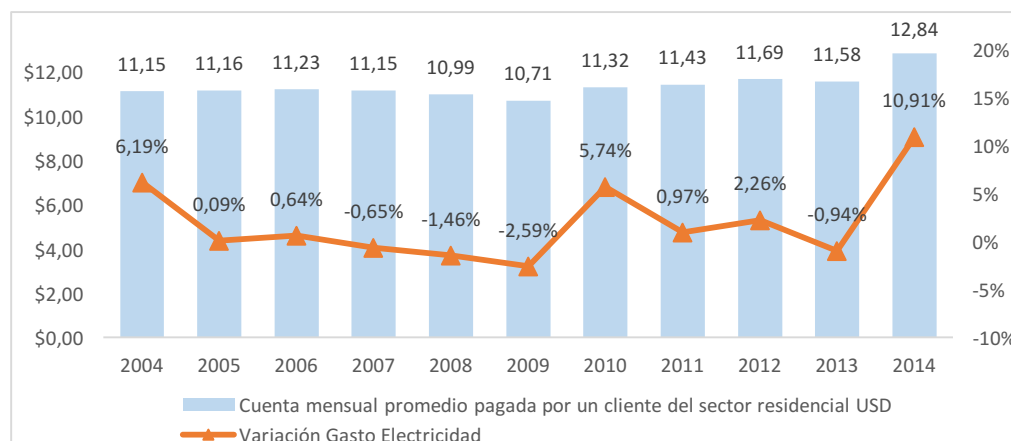


Fuente: CONELEC (2015)

Elaboración: Juan José Almeida A.

Se puede observar que la tasa de crecimiento del consumo de energía varía entre un 4,5% y 9,4% anual. Esta variación depende de varios factores tales como: el crecimiento poblacional, el acceso de las personas a servicios básicos, los hábitos de consumo, variaciones en las tasas de pobreza y desempleo, crecimiento del PIB, entre otros; no se puede definir ex ante los factores que lleguen a influir más en esta tasa de crecimiento, por lo tanto se asumirá esta variable como exógena. En el Gráfico N.20 a continuación, se puede observar el valor promedio del gasto mensual en electricidad de los clientes residenciales. Se puede recalcar que la mayor disminución se da para el año 2009 lo cual puede ser consecuencia del programa de reemplazo de focos incandescentes por ahorradores. Por otra parte se observa un crecimiento para el año 2010, mismo que puede estar relacionado con la reestructuración de las tarifas realizadas en este año.

Gráfico N.20. Gasto mensual en electricidad promedio por cliente del sector residencial



Fuente: CONELEC (2015)

Elaboración: Juan José Almeida A.

Consumo de energía destinado a la iluminación

Un estudio preliminar realizado por el ARCONEL (Agencia de Regulación y Control de Electricidad) en el año 2014 presenta datos respecto a los usos finales de la energía del sector residencial para cinco ciudades del Ecuador en el año 2009: Quito, Guayaquil, Cuenca, Manta y Nueva Loja; esto con el objeto de tener una muestra representativa para las diferentes regiones del país (aunque no se toma en cuenta a Galápagos en este caso). Estos datos se obtuvieron mediante mediciones y encuestas. Los resultados son los siguientes:

Tabla N.7. Resultados de las mediciones de los usos finales de energía 2009

Resultados por Mediciones				
Ciudad	Iluminación	Refrigeración	Calentamiento de agua	Otros
QUITO	13%	36%	24%	27%
GUAYAQUIL	12%	41%	7%	40%
CUENCA	12%	46%	13%	29%
MANTA	13%	46%	6%	35%
N.LOJA	13%	47%	17%	23%

Fuente: CONELEC (2014)

Elaboración: Juan José Almeida A.

Tabla N.8. . Resultados de las encuestas de los usos finales de energía 2009

Resultados por Encuesta								
Ciudad	Iluminación	Cocción de alimentos	Calentamiento de agua	Refrigeración	Aire acondicionado	Limpieza	Audio y Video	Otros
QUITO	10%	8%	11%	47%	0%	7%	13%	4%
GUAYAQUIL	8%	7%	1%	60%	8%	5%	8%	3%
CUENCA	23%	6%	2%	41%	0%	9%	14%	5%
MANTA	8%	10%	0%	47%	19%	5%	8%	3%
N.LOJA	22%	5%	0%	52%	3%	4%	9%	5%

Fuente: CONELEC (2014)

Elaboración: Juan José Almeida A.

Como puede observarse, estos datos muestran una disminución en el consumo para iluminación con respecto al antiguo estudio realizado en el año 1993¹⁹, lo cual se debe, tanto al aumento en el consumo de energía para otros fines, como a las política de eficiencia energética que promueve el uso de focos ahorradores.

Conforme a estos porcentajes, se ha realizado una estimación del porcentaje de energía que el sector residencial destina para la iluminación en promedio, ponderando el consumo final de kWh de las ciudades de las que se levantó información en el estudio dado su número de clientes

¹⁹ Los resultados de este estudio se indican en los Gráficos N.13 y N.14 de Capítulo 1.

residenciales. Cabe mencionarse que se pueden considerar estos datos como representativos ya que los consumidores de estas cinco ciudades representan el 40.07% del total de clientes residenciales para el año 2011. De igual manera se estima que estas ciudades representaron también al 49.32% del consumo total de energía del país en el mismo año.

Para establecer los kWh totales destinados a la iluminación se multiplicó a dos factores: El primero es un número de clientes parroquiales (el de las cinco ciudades presentadas) ponderado en función del número total de clientes del sector residencial para el año 2011²⁰, lo cual implica la suposición de que el porcentaje de energía que se utiliza para la iluminación se mantiene constante desde el año 2009 en adelante. Para el año 2011 hubo un total de 3.675.992 clientes residenciales. El segundo factor es los kWh promedio que se consumen en cada ciudad. Para esto se utilizó al promedio de kWh consumidos en las provincias correspondientes a cada parroquia, ya que el dato a nivel provincial es más representativo como promedio en los usos finales de energía. Esto se asume ya que el promedio de energía consumida en las parroquias urbanas y rurales no es el mismo por lo cual un dato provincial se estima que representa a los dos grupos. A continuación se presenta en la Tabla N.9 el cálculo del promedio de kWh consumidos por provincia en Ecuador.

Tabla N.9. Cálculo de los kWh promedio que consumen los clientes residenciales 2011

PROVINCIA	Demanda eléctrica sector residencial GWh	Clientes del sector residencial de la provincia 2011	kWh consumidos promedio por cliente residencial
Pichincha	1.240	783.473	1.582
Guayas	1.971	832.014	2.370
Azuay	265	229.201	1.156
Manabí	357	289.271	1.234
Sucumbíos	35	31.679	1.108
Total Nacional	5.239	3.680.927	1.423

Fuente: CONELEC (2014)

Elaboración: Juan José Almeida A.

En la Tabla N.10 se puede observar el cálculo del total de kWh destinados para la iluminación.

²⁰ No se usa al año 2009 ya que en los datos parroquiales presentados por el ARCONEL respecto al número de clientes residenciales hay una diferencia importante respecto al número total de clientes a nivel nacional. Esta diferencia se da por dos factores. Por un lado el número de clientes parroquiales fue calculado en función de los catastros municipales, lo cual puede subestimar el número real de clientes. Por otro lado hay una sobreestimación de clientes dado que muchos pueden ser "ficticios", debido a que existen medidores pero el cliente en realidad no. Dados estos factores, para el año 2009 la diferencia en valores es de 746.574 clientes, mientras que para el año 2011 es de 4.935, lo cual determina que los valores del 2011 representan con más exactitud el número de clientes por parroquia. Por otro lado también se toman los datos del 2011 ya que la información de consumo por provincia se encuentra desde ese año.

Tabla N.10. Cálculo de kWh totales destinados a la iluminación 2011

PARROQUIA	Nº de clientes del sector residencial de las parroquias	Nº Clientes ponderado	Porcentaje de consumo eléctrico destinado a la iluminación (promedio entre mediciones y encuestas)	kWh promedio por cliente residencial (Provincial)	kWh promedio consumidos para iluminación por cliente residencial	kWh totales consumidos para iluminación
Quito	693.328	1.732.748	11,5%	1.582	182	315.300.530,84
Guayaquil	536.324	1.340.368	10,0%	2.370	237	317.604.914,94
Cuenca	156.448	390.991	17,5%	1.156	202	79.110.460,28
Manta	67.320	168.244	10,5%	1.234	130	21.795.934,76
Lago Agrio (Nueva Loja)	17.462	43.641	17,5%	1.108	194	8.460.496,91
TOTAL	1.470.882	3.675.992	-	-	-	742.272.337,73

Fuente: CONELEC (2014)

Elaboración: Juan José Almeida A.

Al dividir los kWh consumidos para iluminación, para, los kWh consumidos en total del sector residencial, tenemos el porcentaje de energía que se destina a la iluminación en los hogares; 14,51%. Dado que se asume este porcentaje como constante, se puede entonces calcular los kWh anuales totales que se han destinado para iluminación en el sector residencial así como el gastó que esto implica al año.

Tabla N.11. Cálculo del gasto anual del sector residencial en energía para iluminación

Año	Demanda energía en sector residencial GWh	Porcentaje de energía para la iluminación	Demanda energía para iluminación en sector residencial GWh	Precio sector residencial cUSD/kWh	Costo anual de la iluminación residencial USD	Número de clientes residenciales	Gasto promedio en iluminación anual por cliente residencial USD	Gasto promedio mensual USD
2007	4.095	14,51%	594	9,64	57.283.050	2.948.585	19,43	1,62
2008	4.385	14,51%	636	9,36	59.545.567	3.110.473	19,14	1,60
2009	4.672	14,51%	678	9,04	61.329.954	3.288.798	18,65	1,55
2010	5.114	14,51%	742	9,22	68.428.747	3.470.331	19,72	1,64
2011	5.351	14,51%	777	9,42	73.185.234	3.675.992	19,91	1,66
2012	5.629	14,51%	817	9,60	78.444.205	3.853.176	20,36	1,70
2013	5.881	14,51%	854	9,48	80.884.758	4.010.640	20,17	1,68
2014	6.364	14,51%	924	9,97	92.101.719	4.117.661	22,37	1,86

Fuente: CONELEC (2014)

Elaboración: Juan José Almeida A.

En la Tabla N.11 se puede observar entonces el monto total de dinero que los consumidores gastan en iluminación al año. Al dividir este total para el número de clientes se puede conocer

también el gasto promedio en iluminación que tiene un consumidor residencial anual y mensualmente.

Gasto de los consumidores en la adquisición de focos

El gasto en el que incurre el consumidor en iluminación consta de dos partes: La primera es el costo directo de los vatios consumidos para la iluminación y la segunda es el costo que tiene la adquisición de los focos.

Para establecer el costo de la adquisición de focos se toma en cuenta que los focos ahorradores tienen una vida útil de 8.000 horas y que consumen en promedio 20 vatios por hora. Así definimos en la Ecuación N.1 un promedio de vatios totales que consumirá el foco a lo largo de su vida útil.

Ecuación N.1.

$$8000 \text{ horas} * 20 \text{ W/h} = 160.000 \text{ vatios}$$

Para determinar el precio de un foco primero se debe definir al “foco promedio” del sector residencial. Primero se asume que tiene que ser del tipo lámpara fluorescente o ahorrador dada la política de reemplazo de focos incandescentes en el 2008 y la prohibición de importaciones de estos focos desde el año 2010; políticas que lograron que para el año 2014 el 81% de los focos sean ahorradores y que el 89% de los hogares los tengan. Incluso con un porcentaje menor se puede llegar a asumir que los focos que son reemplazados son ahorradores en su mayoría por dos razones: la primera es que la decisión de suministrar de focos ahorradores a los hogares con la tarifa de la dignidad en el 2008 implicó que más de 1.800.000 clientes (el 58% del total de clientes) utilicen estos focos. Según proyecciones de la Encuesta Nacional de Empleo, Desempleo y Subempleo (ENEMDU) realizada en el 2014; estos hogares que recibieron cuatro focos cada uno, tienen en su mayoría en total menos de cuatro focos por hogar, razón por la cual se estima que el 100% de su iluminación es con focos ahorradores. La segunda razón es que los focos ahorradores en un hogar serán en su mayoría los que más uso tienen dada la racionalidad de los consumidores por lo tanto son los que se reemplazan más a menudo; por otra parte, la política de prohibición de importaciones de los focos incandescentes implica que fueron los focos más utilizados aquellos que fueron reemplazados en primer lugar por focos ahorradores en los hogares.

Luego de definir que el foco promedio es ahorrador se debe definir el voltaje del foco ya que este voltaje determina la cantidad de lúmenes que emite el foco, así como su precio, mismos que varían según las necesidades de los clientes. Para el año 2008 los focos que el gobierno entregó a los usuarios de la tarifa de la dignidad fueron de 20 vatios. Estos focos son capaces de generar aproximadamente 1.100 lúmenes de potencia y su equivalente en focos incandescentes

es al de 75 vatios. Esta potencia lumínica es capaz de generar los luxes recomendados para el uso en un hogar (Ledbox, s. f.). De esta manera se establece que el foco promedio para la realización de cálculos será el ahorrador de 20 vatios así como sus equivalentes en potencia lumínica para los focos LED e incandescentes.

Para establecer el costo de adquisición de los focos para los consumidores residenciales se recolectó datos respecto de los precios del foco promedio ya definido en cuatro locales comerciales distintos. Dos locales fueron pequeñas ferreterías y los otros fueron grandes locales comerciales. En total se observó el precio de 11 focos ahorradores de 20w. En promedio el precio fue de 3,31 dólares por foco.

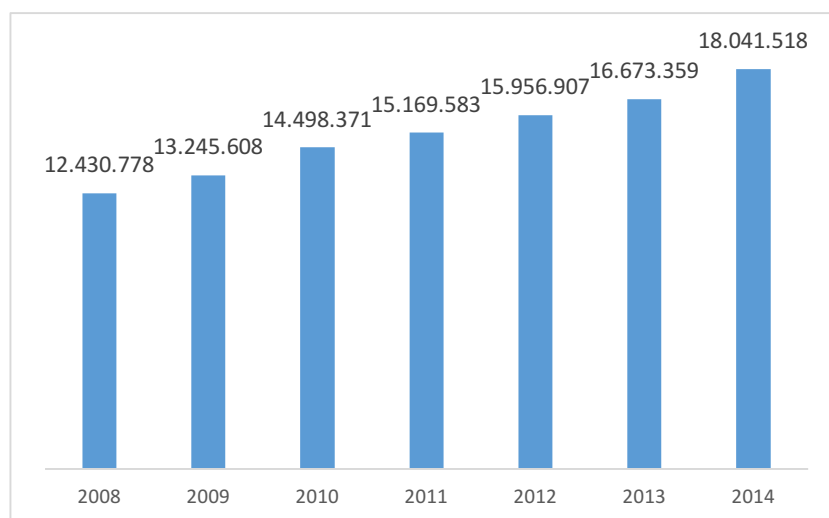
Una vez calculado el costo promedio de un foco para el consumidor residencial, se puede estimar un valor “amortizado” de cada foco por cada vatio que consume dividiendo el precio del foco para los vatios totales de su vida útil. Para efectos en la presentación de los datos, el cálculo se lo realizará en Kilovatios como puede observarse en la Ecuación N.2.

Ecuación N.2.

$$\frac{3,31 \text{ USD}}{160 \text{ kW/h}} = 0,021 \frac{\text{USD}}{\text{kW/h}}$$

En la Ecuación N.2 vemos que por cada kW/h consumido con un foco ahorrador el cliente gasta 0,021 dólares por el costo del foco en sí. Si a este valor lo multiplicamos por los kW/h totales del sector residencial consumidos para iluminación con focos ahorradores para cada año, se determina el costo de compra de los focos para los clientes en total para ese año. En el Gráfico N.21 a continuación se puede observar que para el año 2014 este valor ascendió a más de 18 millones de dólares lo cual implica 4,38 dólares al año por cliente residencial.

Gráfico N.21. Gasto anual total de los clientes residenciales en adquisición de focos ahorradores USD



Fuentes: CONELEC (2015), datos recolectados por Juan José Almeida (2015), Tesis Edison Moposita (Escuela Politécnica Nacional, 2012)

Elaboración: Juan José Almeida A.

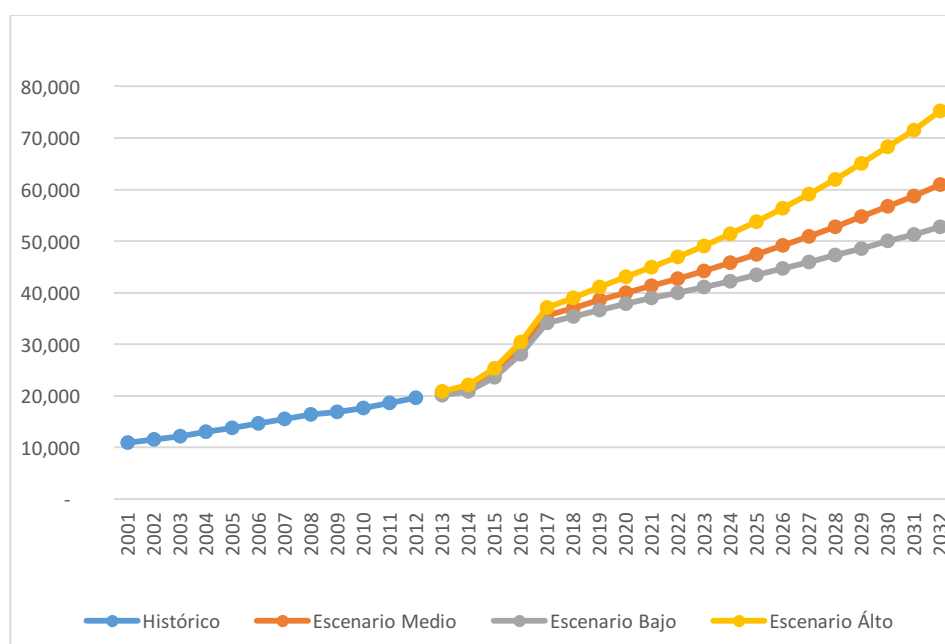
Proyecciones de la demanda de energía

El ARCONEL, en el plan maestro de electrificación 2013 – 2022, realizó una proyección de la demanda eléctrica en Ecuador basada en el crecimiento esperado del PIB, en el crecimiento demográfico, la demanda energética de grandes proyectos como la Refinería del Pacífico, la implementación de los programas de eficiencia energética, la evolución de la cantidad de clientes y la evolución en sí de la demanda de energía en Ecuador. Para esta estimación, se utilizaron modelos econométricos²¹, esquemas analíticos²² y análisis de periodos anteriores. Los resultados muestran tres posibles escenarios (medio, bajo y alto), en función del crecimiento del PIB:

²¹ Se utilizaron especialmente para la proyección de la demanda de energía eléctrica en el periodo 2013-2022. Específicamente se utilizó un intervalo de confianza que se define como ± 2 veces el error estándar de la estimación. Esto implica que el intervalo tiene una probabilidad del 90% de contener las observaciones futuras para la variable analizada.

²² Para este esquema se utilizaron impulsores o variables de tipo demográfico. Este esquema se aplicó para la estimación del número de clientes.

Gráfico N.22. Proyecciones de la demanda de energía en Ecuador (GWh)



Fuente: CONELEC (2013)

Elaboración: Juan José Almeida A.

Cabe mencionarse que la demanda de energía se encuentra expresada en “bornes de generación”, lo cual implica que no se descuentan las pérdidas de energía que se dan en la transmisión y distribución, por lo que los datos históricos difieren de la demanda de energía presentada anteriormente ya que sus valores son superiores.

Dada esta estimación, la demanda eléctrica en los próximos diez años aumentará en un 111,5% en un escenario medio, y para el año 2032 se estima que la demanda energética sería un 181,4% superior a la actual. Estas proyecciones son bastante importantes dado que se observa que en 20 años la demanda de energía puede llegar a triplicarse, lo cual implica que las políticas de eficiencia energética mantendrán un importante papel dentro del desarrollo del país.

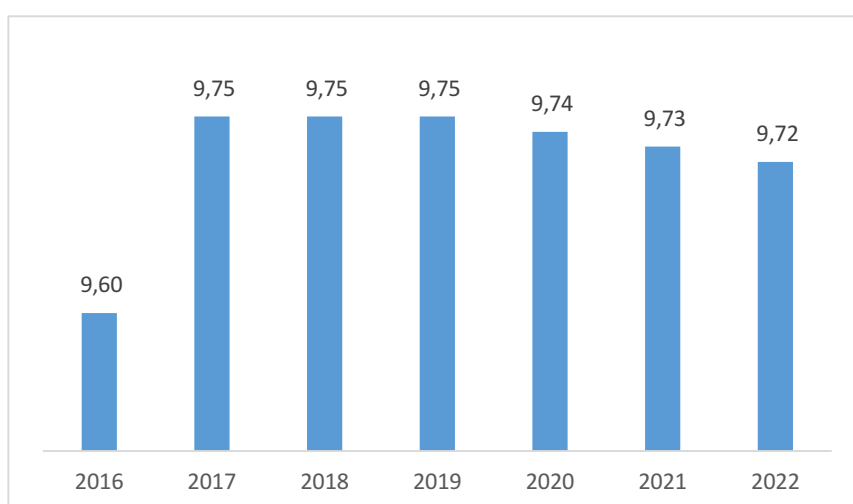
Proyección del gasto en iluminación con focos ahorradores.

Para determinar el gasto en iluminación se ha tomado en cuenta la proyección de clientes residenciales y la energía que se va a demandar que se presenta en el Plan Maestro de electrificación 2013-2022. Como su nombre lo indica, la proyección de la demanda de energía únicamente del sector residencial se presenta hasta el año 2022.

Para el año 2014 el 80,7% de los focos de los hogares fueron ahorradores, esto lo indica la ENEMDU (2014), realizada por el Instituto Nacional de Estadísticas y Censos (INEC); encuesta que es la más actualizada presentada hasta la elaboración de este documento.

Por otra parte se establecen dos supuestos importantes: El primero es que el porcentaje de energía consumida por los clientes residenciales que va destinado a la iluminación se mantiene constante en el tiempo y el segundo es que el costo de la energía para los consumidores residenciales como porcentaje del costo promedio se mantiene constante también. Este segundo supuesto se establece debido a que se tiene información respecto a los precios de la energía proyectados por el CONELEC en promedio, pero el precio de la energía para el sector residencial históricamente se ha mantenido más alto que el precio promedio y de este valor en específico no existe una proyección. Puede observarse en el Gráfico N.18 presentado anteriormente cómo el precio medio de la energía para el sector residencial no ha sido constante, esto se debe especialmente a que no hay un precio único, sino que el precio varía según el consumo que tengan los usuarios. Dado que no se puede definir cuál será el consumo que tengan los usuarios, se lo asume como constante a partir del año 2014, que es del último del cual se dispone información. Así asumimos que el precio medio de la energía para el sector residencial será igual al 113% del valor del cual se proyecta el precio medio total de la energía en los siguientes años. A continuación se presenta la proyección del precio de la energía eléctrica para el sector residencial hasta el año 2022.

Gráfico N.23. Proyección del precio medio del sector residencial cUSD/kWh



Fuente: CONELEC (2013) y cálculos realizados por Juan José Almeida (2016).

Elaboración: Juan José Almeida A.

Dado que ya se definió que el porcentaje de energía que destinan los usuarios residenciales a la iluminación con focos ahorradores es del 14,51% , conforme los datos del PME 2013 en las proyecciones de energía que demandará el sector residencial; se puede observar en la Tabla N.12 la proyección de la demanda que se generará únicamente para la iluminación.

Tabla N.12. Proyección de la demanda de energía para iluminación del sector residencial

Año	Proyección de la demanda energía en sector residencial GWh	Porcentaje de energía para la iluminación	Proyección de la demanda energía para iluminación en sector residencial GWh
2016	6.563	14,51%	953
2017	6.790	14,51%	986
2018	7.022	14,51%	1.019
2019	7.261	14,51%	1.054
2020	7.505	14,51%	1.089
2021	7.754	14,51%	1.125
2022	8.014	14,51%	1.163

Fuente: Cálculos realizados por Juan José Almeida (2016).

Elaboración: Juan José Almeida A.

De igual forma, se realiza una proyección del gasto en el que incurrirán los clientes del sector residencial en la compra de focos conforme la demanda energética. Finalmente en la Tabla N.13 se establece cual será el gasto total en que incurrirán los clientes residenciales directamente en iluminación en sus hogares utilizando focos ahorradores hasta el año 2022.

Tabla N.13. Proyección del gasto en que incurrirán los clientes del sector residencial para la iluminación

Año	Costo anual de la energía para la iluminación del sector residencial USD	Costo anual en compra de focos ahorradores	Costo anual total de la iluminación del sector residencial	Costo promedio anual por cliente residencial USD
2016	91.479.272	18.605.667	110.084.939	24,42
2017	96.094.243	19.249.197	115.343.440	24,68
2018	99.377.581	19.906.902	119.284.482	24,64
2019	102.759.985	20.584.451	123.344.436	24,62
2020	106.089.790	21.276.175	127.365.965	24,58
2021	109.482.172	21.982.073	131.464.245	24,55
2022	113.021.501	22.719.156	135.740.656	24,56

Fuente: Cálculos realizados por Juan José Almeida (2016).

Elaboración: Juan José Almeida A.

Costos para el Estado

Costos directos.

El servicio de energía eléctrica en Ecuador no alcanza a sostenerse directamente con el cobro que se realiza a los usuarios, de esta manera el Estado utiliza fondos públicos para cubrir esta diferencia lo cual se traduce directamente como un subsidio. Este subsidio se puede definir

como un costo o un gasto directo para el Estado en relación al servicio eléctrico. Para determinar el subsidio eléctrico en Ecuador, se han tomado cuatro rubros en los que incurre el Estado y no se sostiene con el pago que realizan los clientes en su consumo de electricidad. Estos son:

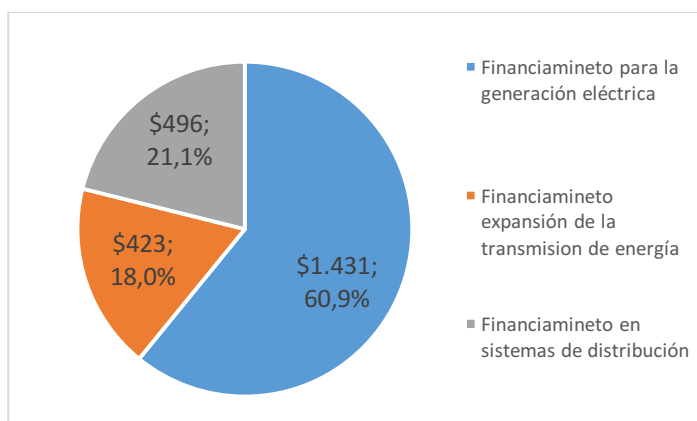
- El financiamiento para la expansión eléctrica. Rubro que financia directamente el Gobierno Central.
- El subsidio a los combustibles utilizados para la generación de energía eléctrica térmica.
- Subsidio en la tarifa de la dignidad.
- Déficit tarifario.

Cabe mencionarse que para el año 2014 se aprobó la Regulación No CONELEC 004/14, en donde se establece un subsidio para aquellos clientes que aplicaron al plan de cocinas de inducción y cambio a duchas eléctricas ya que estos clientes gozarán de tarifas preferenciales temporalmente. Para definir este subsidio se desagrega el consumo que implican estos dos rubros. Para efectos del presente estudio no será tomado en cuenta este subsidio ya que su valor puede considerarse ínfimo dentro del gasto total del Gobierno (27.738,35 dólares en total para el año 2014) y no hay proyecciones respecto a los próximos años, dado que este valor dependerá de la acogida que tengan los programas preferenciales así como el tiempo que el Gobierno decida ofertarlos.

Financiamiento para la expansión eléctrica: Básicamente los costos que asume en este aspecto son los relacionados con la inversión o financiamiento para la expansión eléctrica, misma que ha percibido importantes rubros desde el año 2013 especialmente dada la implementación del cambio en la matriz energético con la cual se plantearon nueve proyectos emblemáticos de generación hidroeléctrica. Estos proyectos implican un monto de gasto proyectado que alcanza los 7.427 millones de dólares (CONELEC, 2013b).

Como ya se mencionó anteriormente, el servicio eléctrico consta de tres partes importantes: la generación, la transmisión y la distribución. Cada una de estas percibe una inversión del Gobierno Central misma que para el año 2014 alcanzó los 2.350 millones de dólares en total como puede observarse en el Gráfico N.24 a continuación.

Gráfico N.24. Financiamiento de la expansión eléctrica 2014 (USD millones)

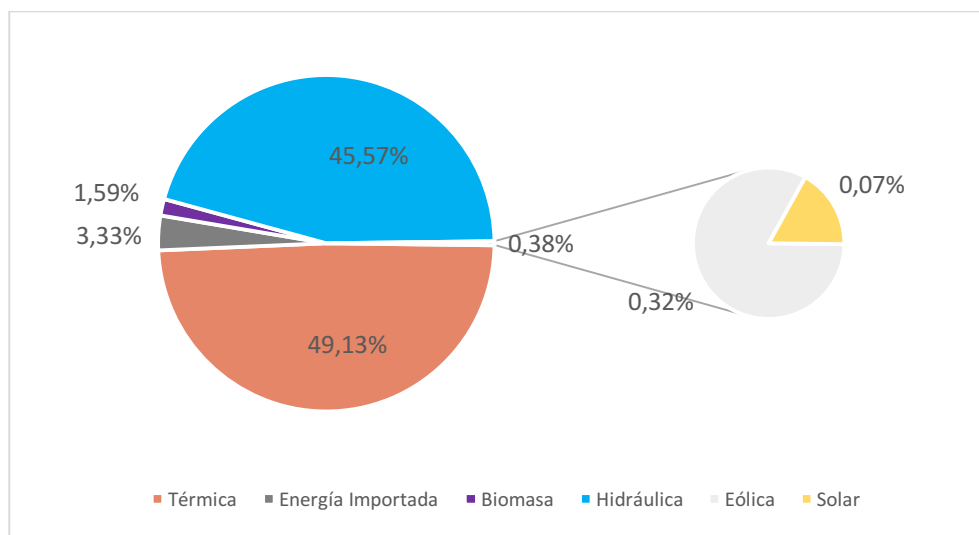


Fuente: CONELEC (2013)

Elaboración: Juan José Almeida A.

Subsidio a los combustibles para la generación eléctrica: A pesar de los esfuerzos del Gobierno, la energía térmica sigue siendo la primera fuente de energía en el país representando un 49% de la generación total como puede observarse en el Gráfico N.25. Básicamente lo que hacen las plantas térmicas es quemar combustibles fósiles para transformarla en energía eléctrica (en su mayoría diésel). Dado que los combustibles son subsidiados por el Estado, se define entonces que hay un subsidio directamente relacionado a la generación de energía.

Gráfico N.25. Producción de electricidad por tipo de fuente energética (GWh) 2014

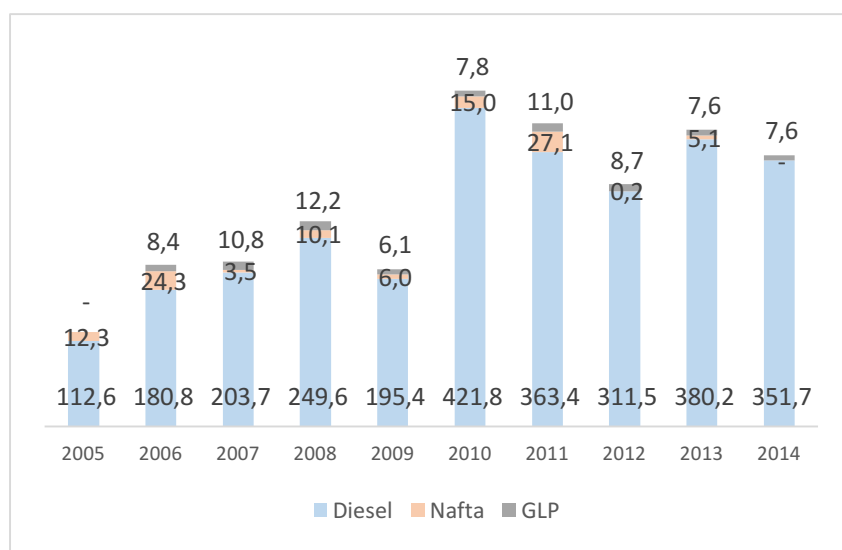


Fuente: CONELEC (2013)

Elaboración: Juan José Almeida A.

El CONELEC ha especificado desde el año 2005 hasta el 2014 el número de galones de cada tipo de combustible utilizados para la generación de energía²³ en todo el año mientras que el Observatorio de Política Fiscal indica el subsidio por cada barril de petróleo importado. Luego de homologar galones y barriles, se calcula el subsidio a los combustibles destinado al sector eléctrico. Este subsidio puede observarse en el Gráfico N.26, donde para el 2014 se muestra que el valor supera los 359 millones de dólares en total.

Gráfico N.26. Subsidio a los combustibles para la generación de electricidad (millones USD)



Fuente: CONELEC (2013) y Observatorio de Política Fiscal (2015)

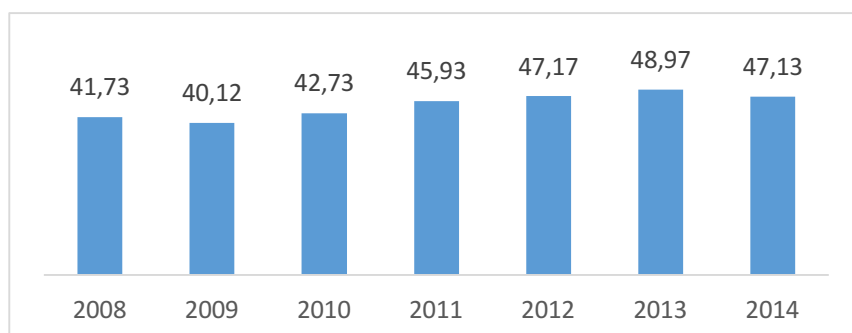
Elaboración: Juan José Almeida A.

*Datos disponibles desde el año 2005

Subsidio en la tarifa de la dignidad: En el año 2007 un decreto presidencial estableció la “Tarifa de la Dignidad”, misma que beneficia a los clientes residenciales que no superen los 110 kWh en la región Sierra y los 130 kWh en las regiones Costa, Oriente e Insular. Cabe mencionarse que no se debe confundir a este subsidio con el “subsidio cruzado”, una herramienta mediante la cual el valor de los kWh de los clientes cuestan más conforme aumenta su consumo y de esta manera se puede subsidiar a los clientes que consuman pocos kWh con los fondos extras que aportan los kWh pagados por los clientes que más consumen. Según datos de los planes maestros de electrificación presentados por el ARCONEL, este subsidio ha representado para el Estado un gasto de entre 40 y 49 millones de dólares al año como puede observarse en el Gráfico N.27.

²³ Los combustibles utilizados son: Fuel Oil, Diésel, Nafta, Residuo, Crudo y Gas Licuado de Petróleo. De estos se subsidian únicamente el diésel, nafta y GLP.

Gráfico N.27. Subsidio anual por concepto de la tarifa de la dignidad (millones USD)



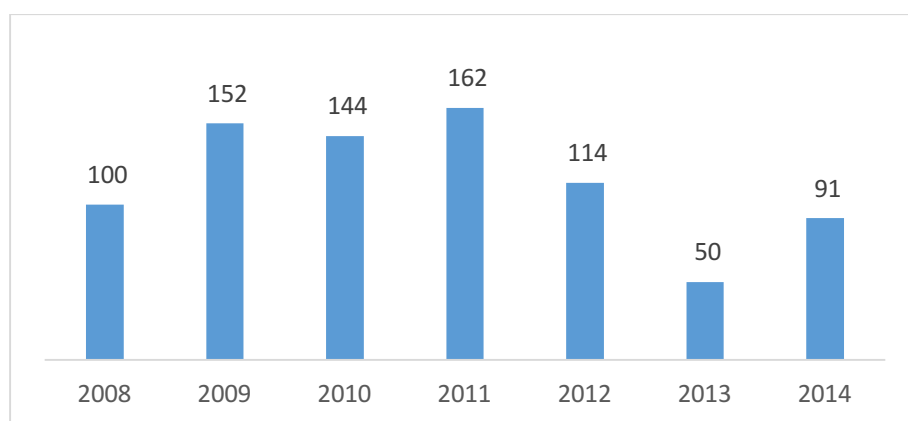
Fuente: CONELEC (2013)

Elaboración: Juan José Almeida A.

*Datos disponibles desde el año 2008

Déficit tarifario: Históricamente en Ecuador, las tarifas eléctricas se establecían en función de los costos de generación, transmisión y distribución que se generaban para los distintos grupos de clientes; sin embargo, en el año 2008 se suscribe el Mandato 15 de la Constituyente donde se establece que habrá una tarifa única para los clientes residenciales que debe ser establecida por el CONELEC, mientras que el Ministerio de Finanzas cubrirá mensualmente las diferencias entre los costos de generación, distribución, transmisión y la tarifa única fijada. La evolución de este déficit se presenta en el Gráfico N.28 a continuación.

Gráfico N.28. Subsidio por déficit tarifario (millones USD)



Fuente: CONELEC (2013)

Elaboración: Juan José Almeida A.

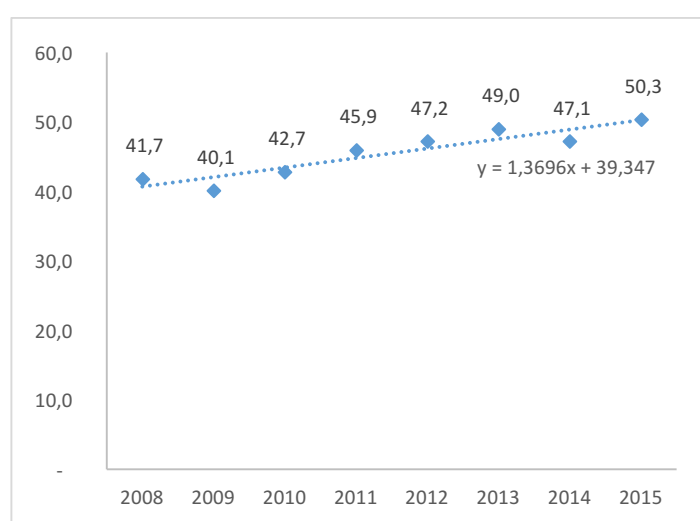
*Datos disponibles desde el año 2008

Proyección del subsidio eléctrico

Se ha podido observar el costo que ha implicado al Estado el servicio de electricidad. De estos cuatro subsidios presentados, el subsidio a la tarifa de la dignidad aplica directamente al sector residencial mientras que los otros subsidios van dirigidos a todos los sectores que demandan energía. Por esta razón se establece que el porcentaje de subsidio que recibe el sector

residencial es igual al porcentaje de energía que demanda. Tanto el subsidio a combustibles, el déficit tarifario y el financiamiento de la expansión se encuentran proyectados por el CONELEC mientras que para la tarifa de la dignidad fue necesario realizar una proyección con el método de mínimos cuadrados, dado que solo se dispone de ocho datos hasta el momento como lo indica el Gráfico N.27 y que intuitivamente no es posible determinar una tendencia para este valor ya que depende de varios factores ante lo cual se asumirá esta variable como exógena. Luego de realizarse una proyección mediante el método de mínimos cuadrados se ha determinado que el R^2 es igual a 0,86 lo cual puede considerarse como un ajuste lineal medianamente alto. La ecuación resultante de la regresión lineal puede observarse en el Gráfico N.29 a continuación.

Gráfico N.29. Gráfico de dispersión del subsidio a la tarifa de la dignidad



Fuente: CONELEC (2013) y cálculos realizados por Juan José Almeida

Elaboración: Juan José Almeida A.

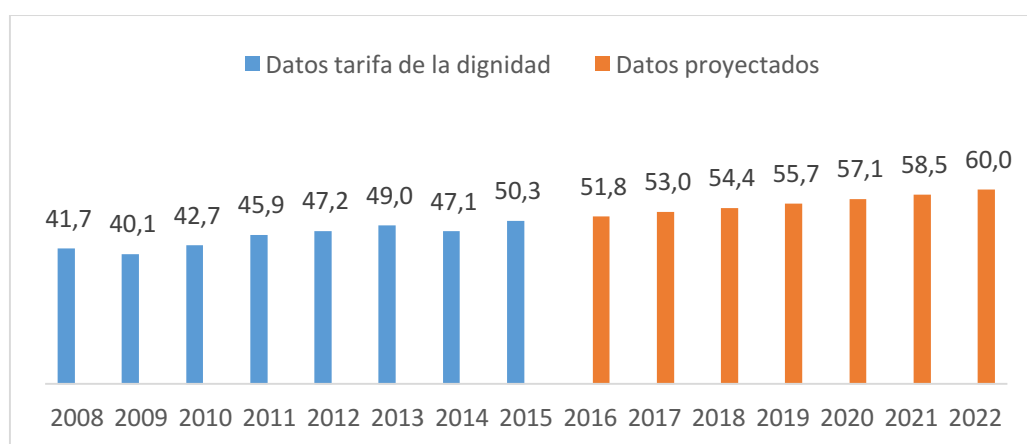
Tanto en el gráfico como en la Ecuación N.3 a continuación se define a la ecuación de la línea, donde y es el valor del subsidio conforme aumentan los años que son x .

Ecuación N.3.

$$y = 39,347 + 1,3696x$$

En el Gráfico N.30 a continuación se presenta entonces los valores proyectados del gasto en el subsidio para la tarifa de la dignidad.

Gráfico N.30. Evolución de la tarifa de la dignidad millones USD



Fuente: CONELEC (2013) y cálculos realizados por Juan José Almeida (2015).
Elaboración: Juan José Almeida A.

Una vez que se tienen todas las proyecciones en subsidios, queda establecer cuál será el respectivo valor total subsidiado para el sector residencial e incluso para cada cliente. En la Tabla N.14 a continuación se presenta estos datos. Cabe recalcar que se muestra únicamente el subsidio eléctrico correspondiente al sector residencial y no el de todo el país.

Tabla N.14. Proyección del subsidio total que percibirá el sector residencial

Año	Déficit Tarifario (Millones USD)	Subsidio combustibles (Millones USD)	Tarifa de la dignidad (Millones USD)	Financiamiento de la expansión (Millones USD)	Subsidio Total del Sector Residencial (Millones USD)	Subsidio anual por cliente residencial USD
2016	10,6	9,0	51,8	411,7	483,1	107,17
2017	7,6	3,8	53,0	210,1	274,6	58,77
2018	11,3	4,1	54,4	184,2	254,0	52,46
2019	15,3	10,0	55,7	222,4	303,4	60,57
2020	16,0	16,7	57,1	193,3	283,1	54,64
2021	18,3	17,1	58,5	153,9	247,8	46,29
2022	17,2	10,3	60,0	80,8	168,3	30,45

Fuentes: CONELEC (2013) y cálculos realizados por Juan José Almeida A (2015).
Elaboración: Juan José Almeida A.

Puede observarse que el rubro más alto es el del gasto en expansión, mismo que, como ya se mencionó anteriormente, implicará en los próximos años un alto gasto para el Estado dada la construcción de los proyectos hidroeléctricos especialmente. Se estima entonces que el sector residencial implicará un gasto total para el Estado de aproximadamente 2014 millones de dólares en los próximos siete años.

Al subsidio total de energía se lo puede dividir para los kWh totales que se proyecta consumirá el sector residencial, de esta manera se puede conocer cuántos dólares el Estado subsidiará por kWh que se consuma. Dado que se conoce que el porcentaje de consumo eléctrico es del 14,51% de los kWh totales de los usuarios residenciales, entonces se puede estimar el subsidio que se destinará al consumo de energía destinado a la iluminación en los hogares. Todos estos cálculos se presentan en la Tabla N.15 a continuación.

Tabla N.15. Proyección del subsidio destinado a la iluminación del sector residencial

Año	Subsidio Total del Sector Residencial (Millones USD)	Demanda de energía del sector residencial GW	Subsidio por kWh consumido por el sector residencial	Demanda de energía para iluminación GW	Subsidio total para la iluminación en el sector residencial (millones USD)
2016	483,1	6.563	0,074	953	70,1
2017	274,6	6.790	0,040	986	39,9
2018	254,0	7.022	0,036	1.019	36,9
2019	303,4	7.261	0,042	1.054	44,0
2020	283,1	7.505	0,038	1.089	41,1
2021	247,8	7.754	0,032	1.125	36,0
2022	168,3	8.014	0,021	1.163	24,4

Fuentes: CONELEC (2013) y cálculos realizados por Juan José Almeida A (2015).

Elaboración: Juan José Almeida A.

Como puede observarse, el Estado gastará en los próximos siete años más de dos mil millones de dólares en subsidio eléctrico para el sector residencial lo que implicará que casi 300 millones de dólares de subsidio serán destinados directamente a la iluminación en el sector residencial mediante el uso de focos ahorradores.

Costos indirectos.

Se han realizado algunas comparativas entre los focos incandescentes y fluorescentes, con las cuales los fluorescentes han presentado pequeñas desventajas técnicas que se dan con respecto a la calidez de los colores que emiten los focos; sin embargo, se puede afirmar directamente que la marcada “desventaja” que presentan las lámparas fluorescentes es que tienen en su interior Mercurio (Hg)²⁴ un elemento necesario en la fabricación de las lámparas fluorescentes. Cabe mencionarse que hay otros compuestos en los focos ahorradores como el Argón (Ar) y Neón (Ne) que son nocivos para la salud y el medio ambiente, sin embargo impacto es ínfimo respecto al del mercurio (Montenegro y Nicolalde, 2012).

Además del gasto que implica para el Estado ecuatoriano el subsidio a la electricidad, se establece que el uso de lámparas fluorescentes puede llegar a implicar una contaminación

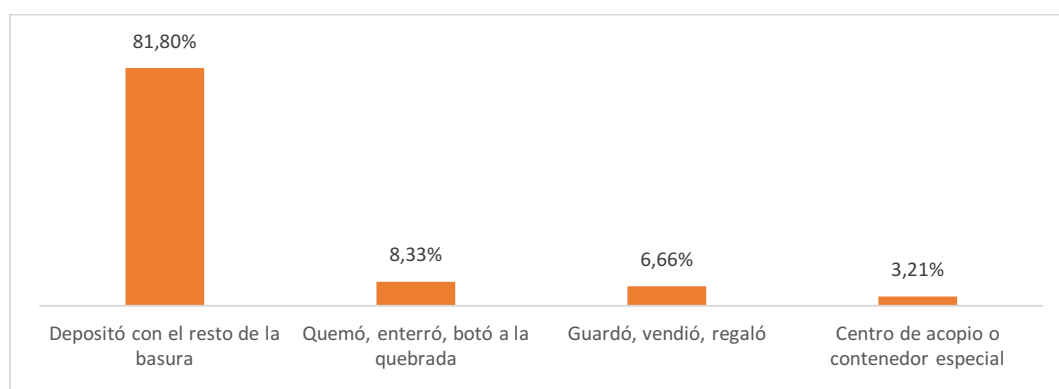
²⁴ El mercurio en los CFLs ha implicado que desde 1990 estos sean como desechos peligrosos por la Agencia de Protección Ambiental (EPA) en Estados Unidos. Esto implica que estos desechos deberían tener un manejo estricto y riguroso.

grave. Esto principalmente dado que no existen al momento mecanismos correctos para el manejo de la basura que se genera una vez que termina la vida útil de los bulbos, por lo que al desecharlos se corre un inminente riesgo de contaminación por mercurio, un metal pesado nocivo para la salud y el medio ambiente.

En Ecuador el manejo de los desechos sólidos de los hogares es responsabilidad de los municipios, los cuales históricamente han prestado mayor atención a los desechos no peligrosos debido principalmente a la falta de recursos. Esto ha implicado que los focos ahorradores terminen en rellenos sanitarios e incluso en botaderos a cielo abierto. Esto es peligroso ya que el mercurio de las lámparas se filtra directamente en el medio ambiente de distintas formas que se verán más adelante. Cabe mencionarse que un estudio particular realizado por la consultora SWISSCONTEC revela que para el año 2012 se desecharon más de 1,7 millones de focos ahorradores únicamente por los hogares en el municipio de Quito²⁵ (Montenegro y Nicolalde, 2012). Este mismo estudio establece que el 92,1% de la población desechó los focos de manera inadecuada, juntándolos con el resto de basura, misma que es recolectada por la Empresa Pública Metropolitana de Aseo (EMASEO) y que en los procesos de: recolección, transporte, almacenamiento y disposición final son susceptibles de romperse lo cual libera sus vapores tóxicos. Todo esto a pesar que existen cuatro empresas calificadas por el Municipio como gestoras ambientales para el manejo de las lámparas fluorescentes que son desechadas.

En el ámbito nacional, la ENEMDU 2014 muestra datos respecto a la disposición final para los focos ahorradores que han culminado su vida útil. Los resultados se muestran en el Gráfico N.31 a continuación:

Gráfico N.31. Tipo de disposición final utilizada para los focos ahorradores en el 2014



Fuente: INEC (2014)

Elaboración: Juan José Almeida A.

²⁵ A este número debe sumársele tres millones más de focos desechados por las empresas dentro del Distrito Metropolitano.

Estos datos indican que el Gobierno debe trabajar en dos ejes: el primero es el manejo adecuado de los desechos peligrosos por parte de los hogares y el segundo es una política que promueva el uso de objetos que no generen este tipo de desecho, en este caso los focos LED se plantean como alternativa.

El mercurio en los focos ahorradores.

Directamente se ha establecido que en promedio un foco ahorrador contiene de cuatro a seis miligramos de mercurio y esto repercute en una contaminación anual aproximada de 30 mil libras al año arrojadas al medio ambiente en todo el mundo («Saving the Planet By Contaminating the Environment», 2007), lo cual puede generar muchos efectos adversos en la biodiversidad y en la salud humana.

Formas mediante las cuales el mercurio es liberado a la atmósfera:

- Quema de carbón y residuos peligrosos.
- La producción de cloro.
- Rompiendo los productos que contienen mercurio.
- Fuga o derrame de mercurio.
- El tratamiento y la eliminación de productos que contienen mercurio y los residuos de forma incorrecta.

Ciclo del mercurio.- El Mercurio es un metal pesado de color plateado que a temperatura ambiente es un líquido inodoro. Con respecto al medio ambiente, el mercurio es una sustancia persistente, bioacumulable y una neurotoxina (Miller, 2009). Es un elemento volátil que se libera a la atmósfera por varios medios naturales y humanos. Una vez que se encuentra en el aire se redistribuye dentro de toda la atmósfera mundial, hasta que se oxida y se precipita (Jordan, Raymond, y Ralston, 2005).

En el medio ambiente el mercurio puede presentarse en tres formas:

- Elemental o metálico:
Es un brillante metal líquido temperatura ambiente. A esta misma temperatura cuando se lo expone a aire se evapora y se convierte en vapor tóxico inodoro e invisible. Se encuentra en termómetros, lámparas fluorescentes, termostatos antiguos, baterías y algunos interruptores eléctricos.
- Inorgánico:

Los compuestos de mercurio inorgánico toman la forma de sales de mercurio. Se usa en productos fungicidas, antisépticos, desinfectantes, cosméticos y algunas medicinas.

- **Orgánico:**

Se forman cuando el mercurio se combina con carbón. El más común encontrado en el medio ambiente es el metil-mercurio.

El mercurio básicamente acaba en el agua siempre, ya sea mediante la lluvia, la nieve, el polvo o por efecto de la gravedad. Cuando el mercurio cae en la tierra se evapora y precipita o, se filtra hasta llegar al agua, lo cual finalmente afecta los ecosistemas que se encuentran en el agua. Cuando el mercurio termina en vertederos, este es transformado en metil-mercurio debido a las bacterias anaerobias que se encuentran ahí y finalmente va a parar a la tierra. Se forman varios compuestos que pueden ser reabsorbidos por el medio ambiente mediante mecanismos naturales hasta un cierto punto que si se excede, las concentraciones de mercurio pueden acumularse en la biota acuática. Las bacterias anaerobias emplean una vía bioquímica que añade un grupo metilo a Hg que se han incorporado. Este proceso crea el metil-mercurio (CH₃Hg), la forma predominante de Hg que se bioacumula en los organismos de la cadena trófica. El Metil-Mercurio (MeHg) es ingerido por plantas acuáticas y animales pequeños que finalmente son comidos por los peces. Así el metil-mercurio se va a acumulando a lo largo de la cadena alimenticia. Por ejemplo, los peces pequeños pueden ser comidos por peces más grandes y estos a su vez pueden ser comidos por aves u otros animales.

Esto ha generado un riesgo inminente para la salud humana ya que al ser el MeHg un compuesto que no sale del organismo, el consumo de pescado, en especial de aquellos que son predadores se vuelve en cierta forma inseguro ya que muy probablemente presentarán altos niveles de mercurio. La forma más común de exposición al mercurio actualmente es el consumo de pescado y mariscos. A pesar del riesgo, en los años 1999 y 2000, según los datos del “Center for Disease Control and Prevention” en Estados Unidos, la mayoría de personas tenía en la sangre niveles de mercurio por debajo de los 5.8 microgramos por litro, que es el límite de tolerancia propuesto por la Organización Mundial de la Salud (OMS).

La exposición de los animales salvajes al metil-mercurio también puede reducir la fertilidad, demorar el crecimiento y desarrollo de los mismos, generar comportamientos anormales y finalmente la muerte (Miller, 2009).

Cabe indicarse que las fuentes mediante las cuales se contamina el medio ambiente con mercurio son en un 70% de origen humano, debido a la producción de energía con carbón y producción y desecho inadecuado de artefactos que utilicen este elemento. El 30% restante se debe principalmente a erupciones volcánicas (Trasande, Schechter, Haynes, & Landrigan, 2006). La contaminación por Mercurio ha sido un tema de importancia en la UNEP (Programa de las Naciones Unidas para el Medio Ambiente) desde el año 2002. La preocupación con respecto a

la toxicidad del mercurio implicó que la United States Environmental Protection Agency (USEPA) establezca límites para la cantidad de mercurio que pueden contener los CFLs, debido a que antiguamente estas lámparas contenían cantidades mayores. Teóricamente esta medida pretendió establecer un nivel “no tóxico” bajo el cual se podían desechar las lámparas viejas, sin embargo, como ya se mencionó, el mercurio es una sustancia que no se biodegrada y por lo tanto se acumula en el ambiente y en los organismos de los seres vivos hasta alcanzar niveles tóxicos (Miller, 2009).

Riesgos al medio ambiente y salud humana debido al mercurio

Cabe indicarse que la actual Constitución del Ecuador garantiza la salud pública así como los derechos de la naturaleza, esto implica que el Estado es responsable de velar por los mismos como lo indica la Ley Orgánica de Salud.

“2.2.6. LEY ORGÁNICA DE SALUD

Registro Oficial Suplemento No 423 del 22 de diciembre del 2006 (Deroga el Código de la Salud: Decreto Supremo No 188, Registro Oficial No 158 del 8 de febrero de 1997).

Art. 7. Toda persona, sin discriminación por motivo alguno, tiene en relación a la salud, el derecho a vivir en un ambiente sano, ecológicamente equilibrado y libre de contaminación.”

Basados en esta premisa entonces se considera que es deber el Estado considerar el hecho de que la exposición al mercurio puede generar daños ambientales y en la salud humana. Cabe mencionarse que el efecto tóxico de este metal dependerá de la forma química en la que se encuentre, sin embargo el mayor riesgo de exposición debido al uso de focos ahorradores es el de inhalación directa del vapor de mercurio, mismo que será absorbido por los tejidos pulmonares y navegará por el torrente sanguíneo hasta el cerebro donde puede generar trastornos neurológicos. Por otra parte es muy común la exposición alimentaria dado que, como ya se indicó, el ciclo del mercurio genera que este termine en los peces que pueden ser ingeridos por humanos.

La exposición al mercurio puede generar daño en el cerebro, corazón, riñones, pulmones y al sistema inmune en personas de todas las edades. Las personas que corren más riesgo son las mujeres en edad fértil, mujeres embarazadas, madres lactantes y niños pequeños. En el caso de los bebés no nacidos que son expuestos a mercurio, pueden desarrollar desórdenes en su desarrollo, daño en su sistema nervioso, problemas de aprendizaje y disfunciones cardíacas. También se lo ha relacionado con el autismo (Miller, 2009). La toxicidad del mercurio se relaciona directamente con pérdida de coeficiente intelectual (IQ) lo cual puede generar bajo desempeño en la escuela para los niños lo que es una potencial pérdida económica en el futuro (Bellanger et al., 2013).

Una valoración global de los daños que se generan a las personas, solo tomando en cuenta el la pérdida en IQ causada por la inhalación de MeHg en el mundo fue de 2.9 millones de dólares en el año 2005 y se estima que las pérdidas en el 2020, si continúan las tasas de contaminación, será de 3.7 billones de dólares (Sundseth et al., 2010). Estas afecciones que pueden aumentar la tasa de morbilidad y mortalidad en el país, generan por lo tanto un costo para el Estado ecuatoriano en gastos de salud pública y también genera costos indirectos como pérdidas en la producción.

Con respecto al medio ambiente, se ha establecido que el mercurio afecta a la reproducción de aves así como genera alteraciones en la flora inhibiendo su crecimiento, disminuyendo la clorofila, dañando el follaje, las raíces y sus funciones en general. También presenta efectos en la actividad microbiológica en el suelo, mismos que pueden afectar las cadenas alimentarias (Montenegro y Nicolalde, 2012).

Contaminación ambiental en la generación de electricidad

Como ya se indicó anteriormente, las principales fuentes de energía eléctrica del país son las generadoras termoeléctricas y las hidroeléctricas, misma que para el año 2014 produjeron el 95% de la energía total del país, sin embargo estas fuentes de energía no son amigables con el medio ambiente como se verá a continuación:

Impactos ambientales de las generadoras hidroeléctricas: A pesar de que este tipo de generación es considerada limpia dado que contamina menos que una termogeneradora, hay factores que deben considerarse. Uno de ellos es las modificaciones del curso en los ríos, que son necesarias para la construcción de embalses, presas, tuberías, etcétera; mismos que son necesarios para la generación. Todos estos procesos además de afectar al ecosistema, generan efectos de salinización en el agua, eutrofización²⁶ estratificación²⁷ (Montenegro y Nicolalde, 2012). Como consecuencia se tiene cambios en los microclimas que pueden afectar e incluso desplazar a la fauna del lugar.

Además de los efectos en el agua, la construcción de hidroeléctricas deviene en pérdidas forestales, destrucción del hábitat de ciertas especies, alteración del suelo y asentamientos humanos, entre otros.

Impactos ambientales de las generadoras termoeléctricas: El primer impacto que implica este tipo de generación, es el que se da durante la construcción; un impacto similar al de las

²⁶ Generación de altos niveles de nutrientes que afectan a los ecosistemas. Generalmente aumentan la biomasa y empobrecen la diversidad.

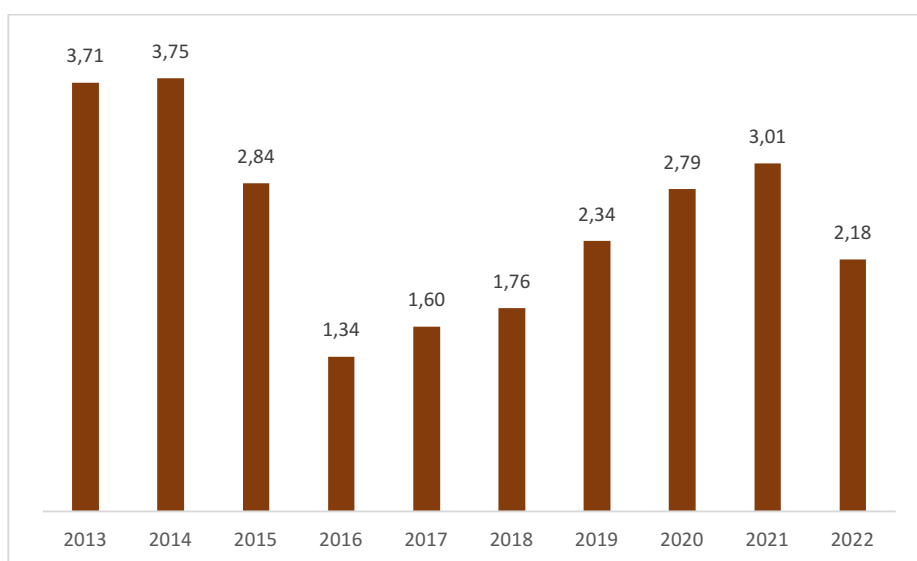
²⁷ Ordenación del agua en capas debido a efectos físicos o químicos.

hidroeléctricas dependiendo del lugar en que se ubiquen dado que se requiere una amplia superficie de terreno.

Las plantas termoeléctricas pueden producir aguas residuales para su funcionamiento, mientras que sus principales emisiones son las de CO₂ que ya se conocen comúnmente; sin embargo estas plantas emanan también óxidos de nitrógeno (NO), dióxido de sulfuro (SO₂), monóxido de carbono (CO) y ácido clorhídrico, entre otras sustancias que pueden contener metales pesados. Cerca de las plantas termoeléctricas, se puede ver afectada la calidad del suelo debido a que sus emanaciones producen lluvia ácida. Las fugas y el manejo de desechos en este tipo de plantas suelen ser muy contaminantes.

El P.M.E.2013-2022 presenta datos y proyecciones respecto a las toneladas de CO₂ que se liberan a la atmósfera producto de la generación eléctrica.

Gráfico N.32. Emisiones de CO₂ dada la generación eléctrica (tonelada)



Fuente: CONELEC (2013)

Elaboración: Juan José Almeida A.

Se puede observar en el Gráfico N.32 que se espera una disminución a partir del 2016 en las emanaciones de CO₂, dado que los proyectos hidroeléctricos comenzarán su funcionamiento a partir de este año, sin embargo estas emanaciones permiten concluir entonces que la eficiencia energética tiene un factor ambiental importante ya que una menor demanda de energía implicará un menor impacto ambiental al menos mientras sigan primando este tipo de fuentes de energía.

Tecnología LED como alternativa en la iluminación residencial.

Alternativamente al uso de focos ahorradores se plantea la nueva tecnología de iluminación LED (Light Emitting Diodes), la cual es actualmente la de mayor eficiencia energética en el mundo en lo que respecta iluminación versus consumo de energía produciendo hasta 173 lúmenes por vatio de energía (lm/W) (Green Ray LED Lighting, 2013), a comparación de los CFLs que llegan hasta 70 lm/W, o los focos incandescentes que producen como máximo 17 lm/W. A pesar de que su costo es mayor en comparación con los CFLs, en términos netos la tecnología LED puede generar un gran ahorro, tomando en cuenta que tienen una durabilidad de hasta 50.000 horas («Work Area LED String Light is constructed for durability», 2013), comparado con los CFLs que duran hasta 10.000 horas o los focos incandescentes que duran hasta 1.000 horas (José María Fernandez Salgado, 2011).

Finalmente se ha determinado que los focos LED son reparables lo cual disminuye sustancialmente su grado de nocividad para el medio ambiente ya que a pesar de que también contaminan con materiales como el aluminio, estos focos no tienen mercurio y se ha demostrado que por lo tanto son 70 por ciento menos nocivos para el medio ambiente que los CFLs («LED Lightbulbs Edge Fluorescents On Sustainability», 2012).

Tecnología LED.

Un diodo semiconductor es un componente electrónico a través del cual circula corriente eléctrica en un solo sentido entre dos terminales. Henry Joseph Round, un inventor inglés que estaba tratando de desarrollar tecnologías que mejoren la señal de los radios, observó en 1907 que al pasar corriente eléctrica a través de ciertos semiconductores²⁸ generaba luz. El primer diodo emisor de luz (light-emitting diode, LED) fue desarrollado por el científico ruso Oleg Vladimírovich Lósev en 1927, sin embargo la invención del LED moderno se le atribuye a Nick Holonyak, un científico estadounidense de padres ucranianos, en el año 1962.

La tecnología LED actualmente tiene varias aplicaciones:

- Se utiliza para hacer pantallas de televisores, monitores, celulares, etcétera.
- Es la tecnología preferida para usos de iluminación decorativa.
- Se usa para la fabricación de semáforos y señales de tránsito ya que consumen menos energía y son más potentes lumínicamente.
- Iluminación en general.

²⁸ Se aplicó diferentes tensiones eléctricas en un semiconductor hecho de carburo de silicio.

Ventajas de la tecnología LED:

- Larga vida útil: Los focos LED pueden llegar a durar 50.000 horas de uso
- La tecnología LED es más resistente a vibraciones y humedad
- Produce menos calor
- Encendido instantáneo
- No se funden, simplemente va disminuyendo su luminosidad²⁹
- No tienen mercurio o materiales contaminantes
- No emiten radiación UV
- Alta eficiencia energética
- Extensa gama de colores
- Reducido tamaño
- Ausencia de infrarrojos y ultravioletas

Desventajas de la tecnología LED

- Precio alto
- Requiere corriente eléctrica más precisa
- Requiere una elevada disipación térmica

Eficiencia de la tecnología LED, comparación con lámparas incandescentes y CFLs

Al igual que la comparación realizada en la Tabla N.6, se indica a continuación las ventajas que presenta un foco LED por sobre un ahorrador.

Tabla N.16. Comparación entre focos LED y ahorradores

Variables	Tipo de foco	
	C.F.L.	LED
Consumo eléctrico (Vatios de potencia)	20 Vatios	11 Vatios
Horas de vida (promedio)	8.000	30.000
Precio en Ecuador	3,31 USD	6,88 USD

Fuente: (Moposita, 2012) y levantamiento de información.

Elaboración: Juan José Almeida A.

*El precio del CFL se ha actualizado conforme a los datos mostrados en el Capítulo 3

²⁹ Se considera que la vida útil de un foco LED acaba cuando su luminosidad se ha reducido en más de un 70% de su valor inicial («9 ventajas de la tecnología LED | Iluminet», s. f.).

Los focos LED consumen un 45% menos de energía que los ahorradores mientras que su vida útil es 275% superior. El precio de es de un poco más del doble.

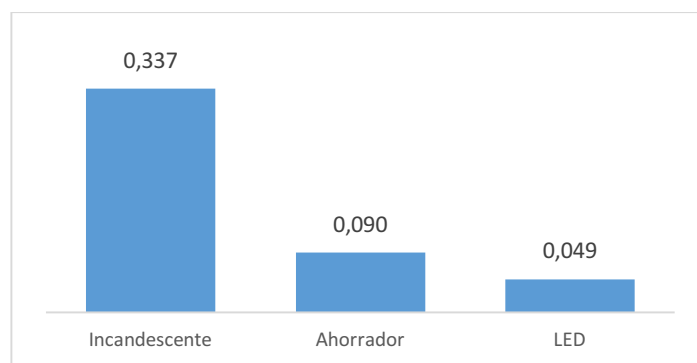
Costos indirectos con la tecnología LED, impacto ambiental.

Existen ciertas ventajas que proporciona la tecnología LED con respecto al impacto ambiental que genera su uso:

- Vida útil más larga
- Eficiencia energética
- No contienen mercurio
- Son reparable
- Los ahorros de costes derivados de la reducción de combustible para los generadores
- Reducción del desgaste de los equipos
- Reducción de horas-hombre para atender generadores.
- Reducción de combustible utilizado para traer los recursos necesarios desde otros lugares.
- Reducción de horas-hombre necesarias para el transporte.

Según cálculos de Karina Montenegro y Andrea Nicolalde, en su tesis de grado (2012), las emisiones de CO₂ que se generan con cada tipo de foco se pueden medir en función de los Vatios que consumen por hora. Dado que se conoce el valor de los GWh destinados directamente a la iluminación del sector residencial en el año 2014, se puede establecer las toneladas de CO₂ que hubieran liberado al ambiente los distintos tipos de focos utilizados.

Gráfico N.33. Toneladas de CO₂ en el año 2014 mediante el uso de diferentes tipos de focos



Fuentes: CONELEC (2015), Montenegro & Nicolalde (2012)

Elaboración: Juan José Almeida A.

Puede observarse en el Gráfico N.33 que los focos incandescentes son altamente contaminadores en comparación a los ahorradores y LEDs, sin embargo los LEDs liberan un 45% menos de CO₂ que los ahorradores. Cabe indicarse que el gráfico representa un caso hipotético de uso exclusivo de 1 solo tipo de foco para el año 2014. El dato que más se acerca a la realidad sería en este caso el de los focos ahorradores, ya que para este año el porcentaje más alto de focos fue de este tipo.

Capítulo 3: Posibles ventajas y costos para el consumidor y para el Estado de implementar un programa de iluminación con focos LED para el sector residencial

Una vez establecido que la iluminación con focos LED es más eficiente que con focos ahorradores o incandescentes, se propone entonces una política similar a la planteada por el Gobierno en el año 2008 misma que constó de dos partes importantes: La primera consistió en la compra de focos para los usuarios que son beneficiarios de la tarifa de la dignidad; mientras que la segunda es una prohibición de importaciones de focos ahorradores. A continuación se presentará una propuesta de política que implicará tanto la compra de focos LED por parte del Gobierno así como el efecto de prohibir la compra de focos ahorradores para incentivar la compra de focos LED.

Compra y distribución de focos LED por parte del Gobierno

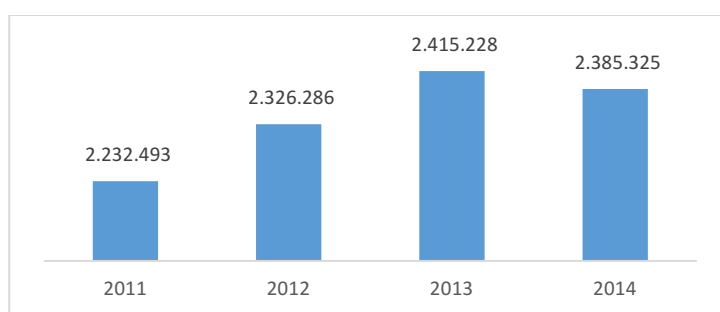
Para los años 2008 y 2009 el Gobierno Central había comprado y repartido 6.000.000 de focos ahorradores de 20 vatios mismos que fueron repartidos en un inicio a clientes que participaban de la tarifa de la dignidad, esta política se extendió a aquellos clientes que consumían menos de 200 kWh. En total fueron 1.800.000 los beneficiarios, quienes recibieron de 1 a cuatro focos dependiendo de su consumo. En promedio se entregó 3,33 focos por cliente residencial. Luego de que el Gobierno entregara los 6.000.000 de focos, extendió la política dirigiéndola al sector público y comercial entregando 10.000.000 de focos más.

Cálculo del número de focos a ser reemplazados

Para definir los focos LED que el Gobierno habrá de entregar se tomará en cuenta a los clientes que gozan de la tarifa de la dignidad para el año 2016 así como el número de focos que habrá de entregárseles.

No existe una proyección de clientes beneficiarios de la tarifa de la dignidad, sin embargo tenemos el dato del número de clientes que fueron beneficiarios en los años que van del 2011 al 2014.

Gráfico N.34. Número de clientes beneficiarios de la tarifa de la dignidad

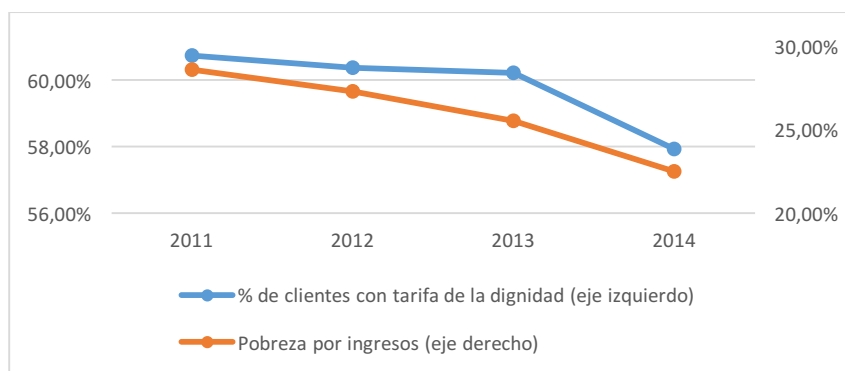


Fuente: CONELEC (2013)

Elaboración: Juan José Almeida A.

Como puede observarse en el Gráfico N.34, el número de clientes beneficiarios de la tarifa de la dignidad aumentó entre los años 2011 y 2013 para luego disminuir en el 2014. Existen tres factores principales que afectan al número de clientes beneficiarios: El aumento de clientes residenciales, los cambios en los hábitos de consumo y el índice de pobreza. Este último factor es importante ya que al ser la tarifa de la dignidad un subsidio del Gobierno tiene como objetivo el de ser focalizado a aquellos que lo necesitan. Por esta razón se asume que los consumidores que participan de la tarifa de la dignidad son pobres y que hay una relación importante entre la variación del índice de pobreza y el porcentaje de clientes beneficiarios de la tarifa de la dignidad. El número de clientes beneficiarios de la tarifa de la dignidad como variable no presenta una tendencia muy clara o estable, sin embargo si se observa al porcentaje de clientes beneficiarios de este subsidio respecto al total se puede notar que hay una tendencia a disminuir manteniendo una tendencia parecida a la del índice de pobreza por ingresos medido por el INEC como puede observarse en el Gráfico N.35 a continuación. Se calculó el índice de correlación de estas dos variables para los cuatro años presentados y su resultado es 0.94 lo cual implica una correlación alta y esto a su vez comprueba que al igual que la pobreza, el porcentaje de clientes residenciales beneficiarios de la tarifa de la dignidad tiende a disminuir con el tiempo, al menos en el corto plazo, dada la coyuntura del Ecuador como país en vías de desarrollo.

Gráfico N.35. Clientes con tarifa de la dignidad e índice de pobreza

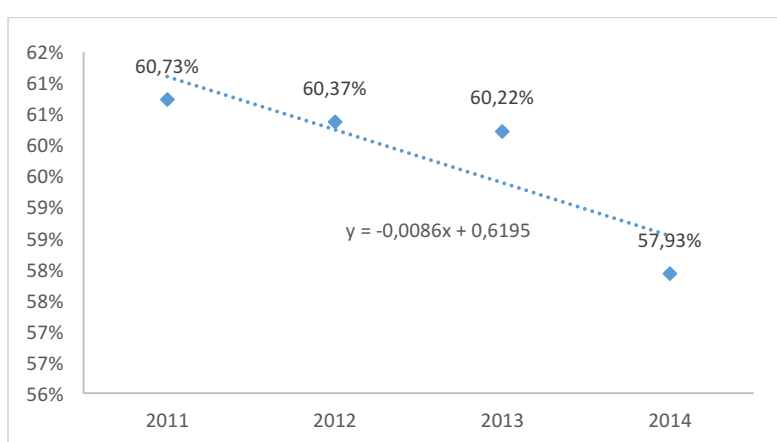


Fuentes: INEC (2016) y CONELEC (2013)

Elaboración: Juan José Almeida A.

Una vez que se define el porcentaje de clientes con tarifa de la dignidad presenta una tendencia a disminuir con el tiempo, entonces se hace una proyección del porcentaje que alcanzará para el año 2016, año para el que se prevé proponer las políticas respecto a la implementación de iluminación LED en el sector residencial. Para esto se realiza una proyección lineal simple mediante el método de mínimos cuadrados ya que, como se mencionó anteriormente, esta variable depende de varios factores por lo tanto se la suma como exógena. Puede observarse en el Gráfico N.36 que hay una dispersión considerable, misma que corresponde a un $R^2 = 0,75$ lo que implica un ajuste lineal no muy alto. Sin embargo, al desconocer la tendencia que tiene la función (exceptuando que se sabe que tiene pendiente negativa) se la plantea como lineal.

Gráfico N.36. Gráfico de dispersión del porcentaje de clientes que son beneficiarios de la tarifa de la dignidad



Fuente: CONELEC (2013) y cálculos realizados por Juan José Almeida A (2016).

Elaboración: Juan José Almeida A.

En la Ecuación N.4 se define a la regresión, donde y es igual al porcentaje de clientes que serán beneficiados con la tarifa de la dignidad conformen pasen los años representados con x .

Ecuación N.4.

$$y = 0,6195 - 0,0086x$$

Conforme a la proyección que de clientes que presenta el CONELEC y la proyección realizada del porcentaje clientes que serán beneficiarios de la tarifa de la dignidad, se puede observar en la Tabla N.17 la estimación del número de clientes que serán beneficiarios de la tarifa de la dignidad para el año 2016. Cabe mencionarse que este número de clientes supera en un 42% al del año 2008 que fueron 1,8 millones.

Tabla N.17. Número de clientes beneficiarios de la tarifa de la dignidad

Año	Porcentaje de clientes con tarifa de la dignidad	Cientes del Sector Residencial	Cientes beneficiarios de la tarifa de la dignidad
2011	60,73%	3.675.992	2.232.493
2012	60,37%	3.853.176	2.326.286
2013	60,22%	4.010.640	2.415.228
2014	57,93%	4.117.661	2.385.325
2015*	57,67%	4.343.000	2.504.761
2016*	56,82%	4.508.000	2.561.332

Fuente: CONELEC (2013) y cálculos realizados por Juan José Almeida A (2016).

Elaboración: Juan José Almeida A.

*Para los años 2015 y 2016 los datos son proyectados

Cabe mencionarse que en el plan de sustitución de focos en el año 2008 y 2009 el alcance se proyectó que 1.800.000 y finalmente resultó de 1.933.796 hogares en los cuales se entregó hasta cuatro focos por hogar, tomando en cuenta a los clientes que percibían la tarifa de la dignidad. El objetivo era el de cubrir a los clientes residenciales dentro de los dos quintiles más vulnerables, lo cual cubrió a los de la tarifa de la dignidad. Este programa generó que se unan 236.084 nuevos hogares a la tarifa de la dignidad dado el menor consumo de energía que tienen. En promedio se entregó entonces 3,1 focos por hogar.

Una vez que se ha definido al número de usuarios que serán beneficiarios en esta nueva propuesta, debe estimarse el número de focos que serán necesarios para repartirlos a los clientes dado que no se conoce la cantidad de focos que habrá en cada familia. Para esto se tomará en cuenta la ENEMDU 2014, en la cual se indica el número de focos que hay en los hogares para ese año. Asumiendo que los hogares que menos focos tienen son aquellos que participan de la tarifa de la dignidad, entonces se realiza una proyección del número de focos que requerirá comprar el estado. Esto es 8.461.630 focos, lo cual implica la entrega de entre 1 y cinco focos por hogar que en promedio representa 3,3 focos. Debe tomarse en cuenta que es lógico que este promedio aumente pasando de 3,1 a 3,3 focos por hogar ya que en un inicio los focos de los usuarios de la tarifa de la dignidad eran incandescentes y consumían más. Una vez que son reemplazados estos focos por ahorradores, habrá hogares que tengan mayor cantidad de focos que se sumen a este grupo dado que los focos ahorradores consumen menos energía. Los cálculos para definir el número de focos de los clientes se presentan en el Anexo B.

Costo de los focos

Hay que definir el costo que tendrá para el Estado ecuatoriano adquirir y entregar entonces 8.461.630 focos a los usuarios que participen de la tarifa de la dignidad. Dada la definición del foco promedio presentada en la sección “Gasto de los consumidores en la adquisición de focos”,

se indica el equivalente de un foco incandescente de 75 vatios o de un CFL de 20 vatios, para un foco LED sería el de 11 vatios.

Por otro lado el MEER para el año 2008 y 2009 estableció una estrategia de distribución de los focos ahorradores utilizando los recursos disponibles de las empresas eléctricas de distribución dada su infraestructura (usuarios, ubicación geográfica, zonas, sectores, rutas, consumos, etc.) y prestaciones (bodegaje, custodia). La logística de este proceso tuvo un costo total de 5.920.563 dólares.

Dado que esta estrategia de distribución cumplió con su objetivo y dado que se busca emular al programa de sustitución de focos incandescentes por ahorradores; entonces se plantea que la logística se manejará de la misma manera y se debe establecer el costo que tendrá esta. Para esto se asume que el costo de la distribución de los focos dependerá de la cantidad a repartirse. Si se toma en cuenta que los focos repartidos en el 2008-2009 fueron 6.000.000 entonces se puede proyectar mediante una regla de tres simple que para repartir 8.461.630 focos, será necesario invertir 8,349.602 dólares.

Para establecer el costo que implicaría para el Estado la adquisición de los focos se solicitó una proforma a la compañía "Cixi Talent Electrical Appliances Co., Ltd." Radicada en china, esta compañía factura alrededor de cinco a diez millones de dólares al año en exportaciones de productos LED destinadas a Suramérica, Europa, África y al Este de Asia. Esta compañía estableció que el precio CIF hasta el puerto de Guayaquil para la cantidad de focos demandada sería de 19.292.516 dólares. Añadiendo a esto los gastos de importación presentados en el Anexo C, se establece que el costo final será de 23.103.040,72 dólares. Comparando este valor con el presupuesto del programa de sustitución de focos ahorradores (10 millones de dólares), se puede observar que es más del doble.

Sumando el valor de los focos y los gastos de distribución, se obtiene una inversión necesaria por parte del Estado de 31.452.642,72 dólares lo cual implica un valor unitario por foco de 2,73 dólares.

Implementación de una política que prohíba la importación de CFLs

Como se mencionó en el Capítulo 1, la tecnología de lámparas fluorescentes se desarrolló para finales del siglo XX, sin embargo eran utilizados únicamente como lámparas de tubo, en su mayoría para uso industrial o comercial. A inicios del siglo XXI comienza un nuevo auge dado

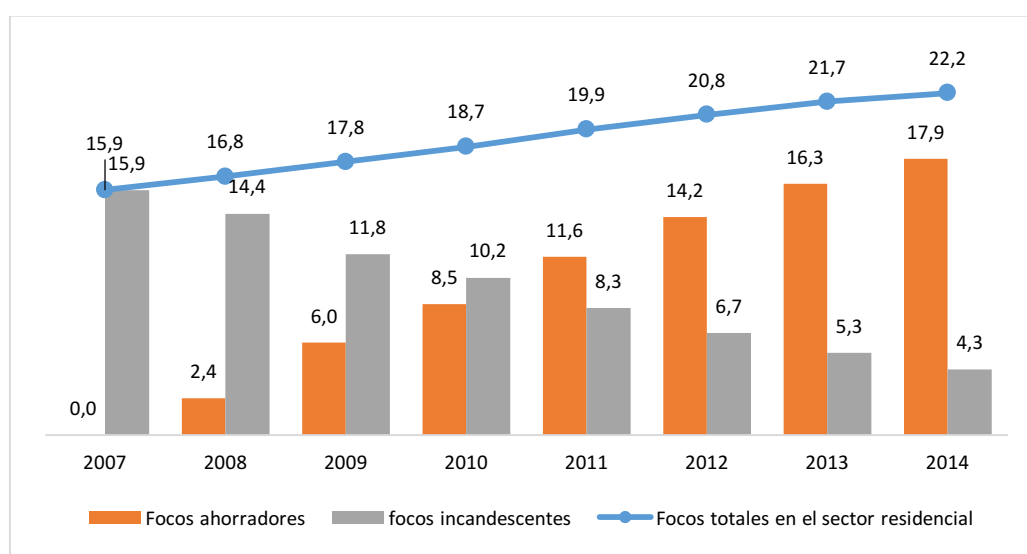
que se crea la lámpara fluorescente compacta, sin embargo su precio era alto en comparación con los focos incandescentes, por esta razón no se popularizó esta tecnología en Ecuador. Para el año 2009 el COMEX emitirá dos resoluciones: la N°519, y la N°529 en donde inicialmente se establece un cronograma para prohibir la importación de focos incandescentes según el voltaje de estos, sin embargo la segunda resolución estableció que se anule para ese año la importación de todo tipo de foco incandescente con excepciones para los sectores industrial y comercial.

Se propone entonces que se realice una resolución que prohíba la importación de los focos ahorradores para que empiece a regir desde el año 2017, lo cual implicaría que, conforme los CFLs vayan culminando su vida útil, los usuarios deberán reemplazarlos por focos LED obligatoriamente.

Cabe mencionarse que a pesar de que hay productores nacionales de focos ahorradores, la mayor parte son de origen importado y provienen de empresas como: Osram, Philips, General Electric, Westinghouse, Sylvania, Laptan, Silk electric y Chiyoda (Montenegro y Nicolalde, 2012).

Para poder determinar cómo se reemplazarán los focos ahorradores por LEDs, se ha realizado un modelo que explica el reemplazo de focos incandescentes por ahorradores en el periodo 2008– 014 de tal forma que los cálculos se ajusten a los datos presentados por el INEC respecto al número de focos ahorradores e incandescentes que había en el país para el año 2014. Los resultados se presentan a continuación:

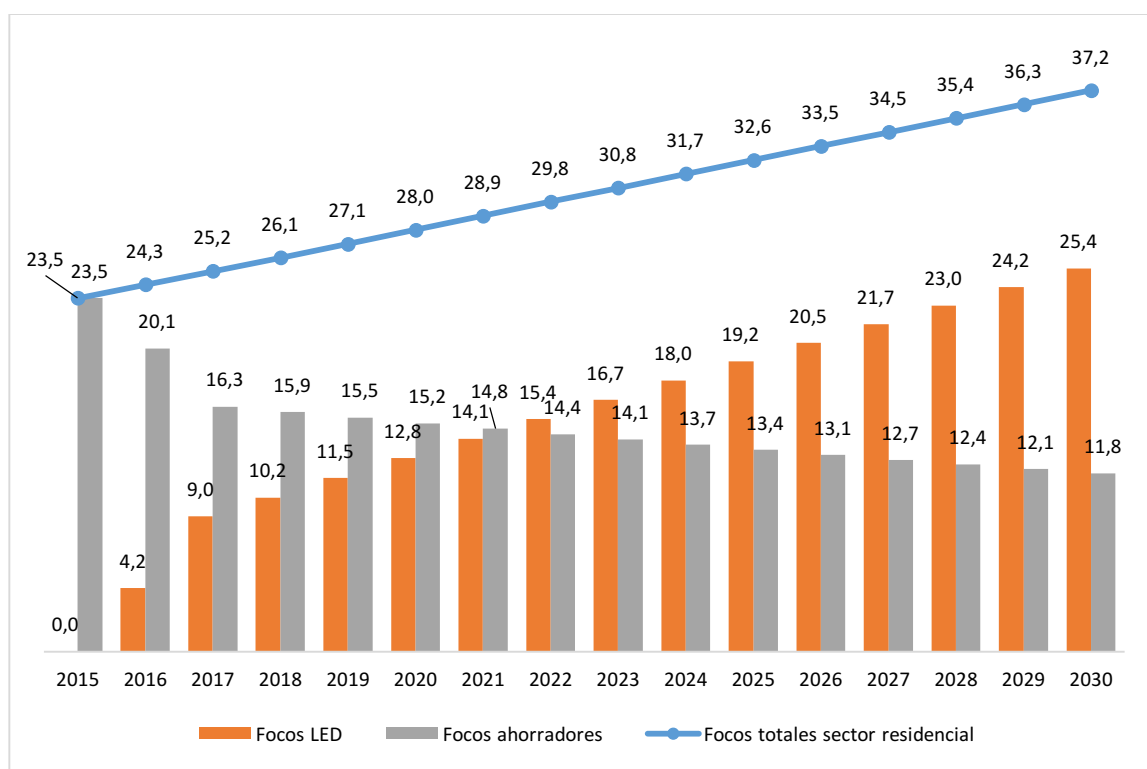
Gráfico N.37. Evolución del número de focos ahorradores e incandescentes (2007-2014) en millones de focos



Fuente: CONELEC (2013) y cálculos realizados por Juan José Almeida A (2016).
Elaboración: Juan José Almeida A.

Posteriormente se utilizó el mismo modelo para proyectar el número de focos ahorradores y LEDs que habrían en el sector residencial para el periodo 2016– 2030; tomando en cuenta a la entrega de los 8,5 millones de focos por parte del Gobierno, misma que se proyecta que será entregada en dos partes iguales en los años 2016 y 2017. Todos estos cálculos se encuentran expuestos en el Anexo D. A continuación se indica los resultados:

Gráfico N.38. Evolución del número de focos LEDs y ahorradores (2015-2030) en millones de focos



Fuente: CONELEC (2013) y cálculos realizados por Juan José Almeida A (2016).

Elaboración: Juan José Almeida A.

Análisis de la propuesta de implementación del programa de sustitución de focos ahorradores por LEDs

Como ya se mencionó anteriormente, la inversión necesaria por parte del Estado para la implementación del programa de sustitución de focos ahorradores por LEDs supera los 31,4 millones de dólares. Es necesario entonces analizar los costos y beneficios que implicaría este programa, tanto para los consumidores como para el Estado. De esta manera se puede determinar la importancia y factibilidad que puede alcanzar la propuesta.

Costos y beneficios para los consumidores

Conforme a los resultados del Anexo D, se obtiene el número de focos ahorradores y LEDs que habrá cada año en el sector residencial. Dadas estas cantidades de focos, se calculará el ahorro que tendrán los consumidores en términos de subsidios al servicio eléctrico así como el ahorro que implicará la compra de focos LED.

Para determinar este primer factor se utilizará la misma metodología de cálculo de la “proyección del gasto en iluminación con focos ahorradores” presentada en el Capítulo 3. Así mismo se utilizarán los datos proyectados en el Anexo D respecto al número de clientes del sector residencial.

En primera instancia se establece el costo para el consumidor respecto a la iluminación únicamente utilizando focos ahorradores. Los resultados se indican en la Tabla N.18 a continuación:

Tabla N.18. Costo de la energía para la iluminación con focos ahorradores de los clientes residenciales

Año	Número de clientes del sector residencial	Precio medio sector residencial cUSD/kWh	Demanda energía para iluminación en sector residencial KWh	Costo de la energía para iluminación USD	Costo anual de la energía por cliente USD
2016	4.508.000	9,60	952.553.349	91.479.272	20,29
2017	4.673.000	9,75	985.500.113	96.094.243	20,56
2018	4.841.000	9,75	1.019.172.576	99.377.581	20,53
2019	5.009.000	9,75	1.053.861.019	102.759.985	20,52
2020	5.181.000	9,74	1.089.275.161	106.089.790	20,48
2021	5.354.000	9,73	1.125.415.003	109.482.172	20,45
2022	5.526.000	9,72	1.163.151.385	113.021.501	20,45
2023	5.698.342	9,72	1.194.665.287	116.083.654	20,37
2024	5.869.284	9,72	1.229.811.051	119.498.710	20,36
2025	6.040.226	9,72	1.264.956.815	122.913.766	20,35
2026	6.211.169	9,72	1.300.102.580	126.328.822	20,34
2027	6.382.111	9,72	1.335.248.344	129.743.878	20,33
2028	6.553.053	9,72	1.370.394.109	133.158.934	20,32
2029	6.723.995	9,72	1.405.539.873	136.573.990	20,31
2030	6.894.937	9,72	1.440.685.637	139.989.046	20,30

Fuente: Cálculos realizados por Juan José Almeida A (2016).

Elaboración: Juan José Almeida A.

Puede observarse que aproximadamente son 20,40 dólares el gasto en energía anual destinada la iluminación en el sector residencial. Ahora debe proyectarse el gasto que implicaría la iluminación dado el número de focos LEDs que se añadiría cada año. Para esto se proyecta los kilovatios que consumirían los hogares en función de la diferencia de vatios que consume cada foco.

Primero se asume que la proyección de la demanda de energía del sector residencial se la realiza tomando en cuenta que únicamente se utilizarán focos ahorradores en los próximos años. De esta manera se puede establecer un factor de kWh por foco ahorrador al año dividiendo la demanda de energía para el número de focos. Luego se determina una demanda hipotética de energía que habría en el mercado si se utilizaría únicamente focos LED. Para esto, simplemente se toma en cuenta los kWh proyectados con focos ahorradores y se les resta el 45% ya que un foco LED consume 45% menos energía. Una vez que se tiene la demanda con iluminación LED se puede establecer el factor de kWh por foco LED. Estos cálculos se muestran en la Tabla N.19

Tabla N.19. Cálculo de los kWh anual por foco en el sector residencial

Año	Número total de focos del sector residencial	Demanda de energía para iluminación en el sector residencial kWh	Demanda de energía para iluminación con LED (-45%)	kWh por foco ahorrador	kWh por foco LED
2016	24.348.628	952.553.349	523.904.342	39,12	21,52
2017	25.239.826	985.500.113	542.025.062	39,05	21,47
2018	26.147.229	1.019.172.576	560.544.917	38,98	21,44
2019	27.054.631	1.053.861.019	579.623.560	38,95	21,42
2020	27.983.638	1.089.275.161	599.101.339	38,93	21,41
2021	28.918.046	1.125.415.003	618.978.252	38,92	21,40
2022	29.847.054	1.163.151.385	639.733.262	38,97	21,43
2023	30.777.909	1.194.665.287	657.065.908	38,82	21,35
2024	31.701.202	1.229.811.051	676.396.078	38,79	21,34
2025	32.624.496	1.264.956.815	695.726.248	38,77	21,33
2026	33.547.789	1.300.102.580	715.056.419	38,75	21,31
2027	34.471.083	1.335.248.344	734.386.589	38,74	21,30
2028	35.394.376	1.370.394.109	753.716.760	38,72	21,29
2029	36.317.670	1.405.539.873	773.046.930	38,70	21,29
2030	37.240.964	1.440.685.637	792.377.100	38,69	21,28

Fuente: Cálculos realizados por Juan José Almeida A (2016).

Elaboración: Juan José Almeida A.

Una vez que se tiene los kWh que gastaría cada foco al año únicamente se debe multiplicar este valor por el número de focos ahorradores y LED correspondientemente en cada año para así conocer los kWh totales “nuevos” que se consumirá.

Tabla N.20. Cálculo de los kWh totales del sector residencial aplicando la política de implementación de focos LED

Año	Número de focos ahorradores	Número de focos LED	Energía demandada con los focos ahorradores kWh	Energía demandada con los focos LED kWh	Energía total demandada nueva kWh
2016	20.117.813	4.230.815	787.037.786	91.033.560	878.071.346
2017	16.260.777	8.979.050	634.909.167	192.825.020	827.734.187
2018	15.915.614	10.231.615	620.362.397	219.345.598	839.707.995

2019	15.534.563	11.520.068	605.118.978	246.808.122	851.927.100
2020	15.155.510	12.828.128	589.934.753	274.637.225	864.571.977
2021	14.783.711	14.134.335	575.343.503	302.539.325	877.882.828
2022	14.420.310	15.426.744	561.965.127	330.652.442	892.617.569
2023	14.065.537	16.712.371	545.963.326	356.786.078	902.749.404
2024	13.719.344	17.981.858	532.225.916	383.671.824	915.897.740
2025	13.381.595	19.242.901	518.847.552	410.360.095	929.207.647
2026	13.052.117	20.495.673	505.818.440	436.856.277	942.674.717
2027	12.730.724	21.740.359	493.128.646	463.165.834	956.294.480
2028	12.417.229	22.977.147	480.768.398	489.294.141	970.062.539
2029	12.111.443	24.206.227	468.728.203	515.246.418	983.974.621
2030	11.813.180	25.427.784	456.998.884	541.027.714	998.026.598

Fuente: Cálculos realizados por Juan José Almeida A (2016).

Elaboración: Juan José Almeida A.

Una vez que se conoce la demanda de energía, se la compara con la demanda de energía proyectada por el CONELEC para así conocer el número de kWh en que disminuirá esta. De igual manera se la multiplica por el precio para conocer el ahorro que tendrán los clientes en el consumo.

Tabla N.21. Cálculo del ahorro de consumo en el sector residencial USD

Año	Energía total demandada nueva kWh	Proyección de demanda de energía CONELEC kWh	Ahorro de energía kWh	Precio Medio Sector RESIDENCIAL cUSD/kWh	Ahorro USD
2016	878.071.346	952.553.349	74.482.003	9,60	7.152.942,61
2017	827.734.187	985.500.113	157.765.926	9,75	15.383.455,53
2018	839.707.995	1.019.172.576	179.464.580	9,75	17.499.250,12
2019	851.927.100	1.053.861.019	201.933.918	9,75	19.690.192,54
2020	864.571.977	1.089.275.161	224.703.184	9,74	21.884.932,74
2021	877.882.828	1.125.415.003	247.532.175	9,73	24.080.325,92
2022	892.617.569	1.163.151.385	270.533.816	9,72	26.287.324,46
2023	902.749.404	1.194.665.287	291.915.882	9,72	28.364.984,54
2024	915.897.740	1.229.811.051	313.913.311	9,72	30.502.438,35
2025	929.207.647	1.264.956.815	335.749.168	9,72	32.624.192,62
2026	942.674.717	1.300.102.580	357.427.863	9,72	34.730.675,60
2027	956.294.480	1.335.248.344	378.953.864	9,72	36.822.321,62
2028	970.062.539	1.370.394.109	400.331.570	9,72	38.899.557,96
2029	983.974.621	1.405.539.873	421.565.251	9,72	40.962.799,78
2030	998.026.598	1.440.685.637	442.659.039	9,72	43.012.448,31

Fuente: Cálculos realizados por Juan José Almeida A (2016).

Elaboración: Juan José Almeida A.

Una vez que se ha determinado el ahorro respecto al consumo, debe establecerse el ahorro en el sector residencial en la compra de focos por parte de los hogares ya que a pesar de que los focos LED son más caros, su vida útil más larga generará un ahorro para los consumidores. Para calcular esto se utilizará la misma metodología que la del Capítulo 3 en la sección “Gasto de los consumidores en la adquisición de focos”. De esta manera se determinará los focos ahorradores y LEDs que se requerirán cada año para satisfacer los kWh que consumen. Luego se establecerá el costo y se lo comparará con el caso hipotético de que únicamente se haya gastado en focos ahorradores. Se indica que para las los siguientes cálculos se utilizará el precio de venta al

público ya determinado anteriormente, es decir 3,31 dólares para un foco ahorrador y 6,88 para un foco LED.

Tabla N.22. Ahorro del sector residencial en la adquisición de focos

Año	Focos ahorradores necesarios	Focos LED necesarios	Costo adquisición ahorradores USD	Costo adquisición LED USD	Costo total focos USD	Costo proyectado únicamente con focos ahorradores	Ahorro en compra de focos
2016	4.918.986	275.859	16.281.844,20	1.897.911,79	18.179.755,98	19.705.947,41	1.526.191,42
2017	3.968.182	584.318	13.134.683,38	4.020.109,51	17.154.792,90	20.387.533,58	3.232.740,68
2018	3.877.265	664.684	12.833.747,09	4.573.023,38	17.406.770,47	21.084.132,67	3.677.362,19
2019	3.781.994	747.903	12.518.398,86	5.145.575,40	17.663.974,26	21.801.749,83	4.137.775,57
2020	3.687.092	832.234	12.204.275,20	5.725.770,02	17.930.045,22	22.534.379,90	4.604.334,68
2021	3.595.897	916.786	11.902.418,73	6.307.486,53	18.209.905,26	23.282.022,88	5.072.117,62
2022	3.512.282	1.001.977	11.625.653,56	6.893.602,43	18.519.255,98	24.062.694,27	5.543.438,29
2023	3.412.271	1.081.170	11.294.616,31	7.438.449,15	18.733.065,46	24.714.638,12	5.981.572,66
2024	3.326.412	1.162.642	11.010.423,64	7.998.976,21	19.009.399,86	25.441.716,12	6.432.316,26
2025	3.242.797	1.243.515	10.733.658,74	8.555.386,22	19.289.044,96	26.168.794,12	6.879.749,16
2026	3.161.365	1.323.807	10.464.118,97	9.107.791,47	19.571.910,44	26.895.872,12	7.323.961,68
2027	3.082.054	1.403.533	10.201.598,86	9.656.305,88	19.857.904,73	27.622.950,12	7.765.045,39
2028	3.004.802	1.482.710	9.945.896,24	10.201.041,48	20.146.937,72	28.350.028,12	8.203.090,40
2029	2.929.551	1.561.353	9.696.814,70	10.742.107,15	20.438.921,85	29.077.106,12	8.638.184,27
2030	2.856.243	1.639.478	9.454.164,41	11.279.608,11	20.733.772,52	29.804.184,12	9.070.411,61

Fuente: Cálculos realizados por Juan José Almeida A (2016).

Elaboración: Juan José Almeida A.

Cabe mencionarse que el valor que se presenta es un valor amortizado del gasto del foco a lo largo de toda su vida útil, esto implica que hasta que no se quemen todos los focos ahorradores, seguirán representando un costo para los consumidores. Ahora que se ha determinado el ahorro que representaría para el sector residencial esta política respecto a la compra de focos y en el costo de la electricidad, se indica a continuación el ahorro total del sector residencial así como el ahorro por cliente residencial.

Tabla N.23. Ahorro total de los clientes residenciales

Año	Ahorro en consumo eléctrico USD	Ahorro en la compra de focos USD	Ahorro total para los clientes residenciales USD	Ahorro anual por cliente residencial USD
2016	7.152.942,61	1.526.191,42	8.679.134,03	1,93
2017	15.383.455,53	3.232.740,68	18.616.196,21	3,98
2018	17.499.250,12	3.677.362,19	21.176.612,31	4,37
2019	19.690.192,54	4.137.775,57	23.827.968,11	4,76
2020	21.884.932,74	4.604.334,68	26.489.267,43	5,11
2021	24.080.325,92	5.072.117,62	29.152.443,54	5,44
2022	26.287.324,46	5.543.438,29	31.830.762,75	5,76
2023	28.364.984,54	5.981.572,66	34.346.557,20	6,03
2024	30.502.438,35	6.432.316,26	36.934.754,61	6,29
2025	32.624.192,62	6.879.749,16	39.503.941,78	6,54
2026	34.730.675,60	7.323.961,68	42.054.637,28	6,77
2027	36.822.321,62	7.765.045,39	44.587.367,01	6,99

2028	38.899.557,96	8.203.090,40	47.102.648,37	7,19
2029	40.962.799,78	8.638.184,27	49.600.984,05	7,38
2030	43.012.448,31	9.070.411,61	52.082.859,92	7,55

Fuente: Cálculos realizados por Juan José Almeida A (2016).

Elaboración: Juan José Almeida A.

Los resultados indican que individualmente los clientes residenciales no ahorrarían mucho dinero al año con este programa, sin embargo los resultados totales implican algunas decenas de millones que habrían en la economía cada año y que podrían ser transformadas en ahorro, inversión o gasto. Además, dado que los focos son importados, este ahorro implica una menor salida de divisas. Se concluye entonces que el ahorro total del sector residencial representa un beneficio para los consumidores.

Costos y beneficios para el Estado

En esta sección se realizará el cálculo del ahorro que le generaría este programa al Estado en términos de subsidios que se dejarían de otorgar.

En el inciso “Proyección del subsidio eléctrico” del Capítulo 3 se determina el valor del subsidio por cliente residencial dirigido explícitamente para el consumo de energía. Utilizando la misma metodología se realizará la proyección hasta el año 2030. Cabe indicarse que no se tomará en cuenta el subsidio destinado al financiamiento de la expansión eléctrica ya que este gasto no dejará de realizarse. Para establecer el precio de la energía en el periodo 2023 – 2030 se consideró como tarifa congelada a la proyección del precio del año 2022, la razón es que el Gobierno busca mantener congelada la tarifa, lo cual se puede observar con los precios históricos de la energía. Por esta razón se considerará de igual forma se al subsidio por kWh congelado a partir de este año. A continuación se presenta el subsidio en que incurrirá el Estado directamente a la iluminación con el uso de lámparas fluorescentes en el sector residencial.

Tabla N.24. Cálculo del ahorro para el Estado en términos de subsidio eléctrico

Año	Ahorro de energía para iluminación en el sector residencial kWh	USD de Subsidio por cada KWh consumido	Ahorro para el Estado en subsidios USD
2016	74.482.003	0,011	810.467
2017	157.765.926	0,010	1.498.868
2018	179.464.580	0,010	1.783.673
2019	201.933.918	0,011	2.251.389
2020	224.703.184	0,012	2.688.837
2021	247.532.175	0,012	2.999.424
2022	270.533.816	0,011	2.952.321
2023	291.915.882	0,011	3.185.662
2024	313.913.311	0,011	3.425.719
2025	335.749.168	0,011	3.664.012
2026	357.427.863	0,011	3.900.591
2027	378.953.864	0,011	4.135.503
2028	400.331.570	0,011	4.368.797
2029	421.565.251	0,011	4.600.519
2030	442.659.039	0,011	4.830.714

Fuente: Cálculos realizados por Juan José Almeida A (2016).

Una importante conclusión en este punto es que para el Estado el ahorro anual presentado en la Tabla N.24 es mucho menor que el de la política adoptada en el año 2008 que proyectó un ahorro mensual de siete millones de dólares en subsidios. La política propuesta para el año 2027 estaría recuperando la inversión necesaria que se proyectó que sería de 31.452.642,72 dólares, esto es 12 años contando al 2016.

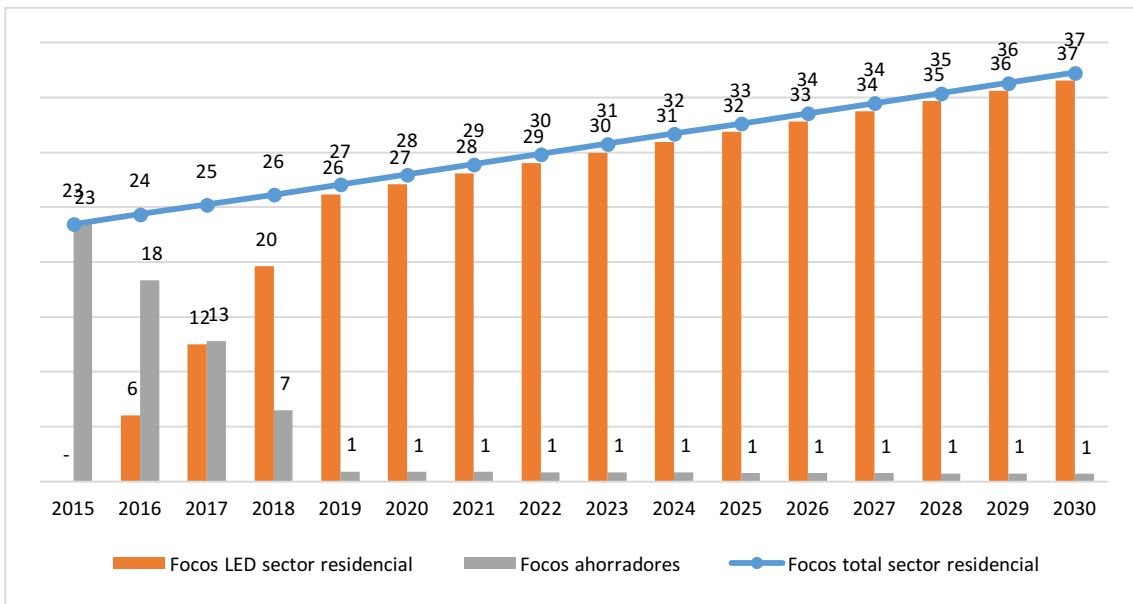
Propuestas alternativas al programa de sustitución de focos ahorradores por LEDs

Dado que los resultados respecto al retorno de la inversión para el Estado en términos de subsidios son bajos, se ha considerado plantear dos políticas alternativas de programas que promuevan el uso de focos LED en el sector residencial. Por un lado se calculará la inversión necesaria y el retorno de la misma en el caso de que el Estado decidiera cambiar todos los focos del sector residencial y por otro lado se calculará el impacto de una política sin inversión en focos, misma que simplemente prohibiría la importación de focos ahorradores. Cabe indicarse que los cálculos son realizados bajo la misma metodología ya presentada tanto para el gasto que implicaría la política así como el reemplazo de focos ahorradores y el impacto para consumidores y el Estado. Por esta razón, únicamente se presentarán los resultados.

Política de reemplazo de todos los focos del sector residencial por LEDs

Para la realización de esta propuesta se asumió que el Estado reemplazará seis millones de focos al año desde el año 2016 y en el año 2019 sustituirá el resto de focos ahorradores restantes, esto debido a que no se conoce el alcance logístico que pueda llegar a tener el Estado. De esta manera se asume que 6.000.000 de focos es lo máximo que puede reemplazarse anualmente. El total de focos calculado para este fin fue 23.465.719 focos y la inversión total necesaria alcanzaría los 87.224.193,58 dólares. Cabe indicarse que de igual forma se establece una prohibición de importaciones de focos ahorradores a partir del año 2017.

Gráfico N.39. Focos ahorradores y LED aplicando una política de reemplazo total de los focos (millones)



Fuente: Cálculos realizados por Juan José Almeida A (2016).
Elaboración: Juan José Almeida A.

Como puede observarse en el Gráfico N.39 para el año 2019 se habrán reemplazado casi en su totalidad los focos ahorradores, el pequeño porcentaje que queda el resto de años se da debido a los focos de ahorradores en stock en las tiendas mismos que son adquiridos por los consumidores y deben cumplir con su vida útil para ser reemplazados. A continuación se presenta el ahorro para los clientes.

Tabla N.25. Ahorro para los clientes aplicando una política de reemplazo total de los focos

Año	Ahorro en consumo eléctrico USD	Ahorro en la compra de focos USD	Ahorro total para los clientes residenciales USD	Ahorro anual por cliente residencial USD
2016	10.144.063,81	2.164.393,59	12.308.457,40	2,73
2017	21.370.956,44	4.490.978,00	25.861.934,44	5,53
2018	33.591.104,94	7.058.968,72	40.650.073,66	8,40
2019	44.717.652,05	9.397.145,70	54.114.797,75	10,80
2020	46.250.348,90	9.730.534,16	55.980.883,06	10,81
2021	47.813.123,70	10.071.034,26	57.884.157,96	10,81
2022	49.440.158,44	10.425.879,12	59.866.037,56	10,83
2023	50.857.943,28	10.724.859,83	61.582.803,11	10,81
2024	52.429.082,79	11.056.179,77	63.485.262,57	10,82
2025	53.999.455,93	11.387.338,11	65.386.794,04	10,83
2026	55.569.027,23	11.718.327,35	67.287.354,58	10,83
2027	57.137.789,91	12.049.146,07	69.186.935,98	10,84
2028	58.705.750,68	12.379.795,69	71.085.546,37	10,85
2029	60.272.922,88	12.710.279,01	72.983.201,89	10,85
2030	61.839.323,10	13.040.599,55	74.879.922,65	10,86

Fuente: Cálculos realizados por Juan José Almeida A (2016).
Elaboración: Juan José Almeida A.

Puede observarse que el ahorro para los clientes alcanza un promedio de 10,83 dólares mensuales de ahorro a partir del año 2019. Esto debido a la menor compra de focos requerida y al menor consumo de electricidad. Este ahorro es considerable, sin embargo cabe observarse también la recuperación para el Estado de la inversión en términos de subsidios, misma que se presentará a continuación.

Tabla N.26. Ahorro para el Estado aplicando una política de reemplazo total de los focos

Año	Ahorro de energía para iluminación en el sector residencial kWh	USD de Subsidio por cada kWh consumido	Ahorro para el Estado en subsidios USD
2016	105.627.884	0,011	1.149.377
2017	219.171.091	0,010	2.082.253
2018	344.495.536	0,010	3.423.892
2019	458.604.489	0,011	5.113.044
2020	474.874.690	0,012	5.682.433
2021	491.491.957	0,012	5.955.560
2022	508.809.284	0,011	5.552.608
2023	523.400.299	0,011	5.711.839
2024	539.569.551	0,011	5.888.293
2025	555.730.915	0,011	6.064.661
2026	571.884.028	0,011	6.240.939
2027	588.028.819	0,011	6.417.126
2028	604.165.357	0,011	6.593.224
2029	620.293.779	0,011	6.769.232
2030	636.414.257	0,011	6.945.154

Fuente: Cálculos realizados por Juan José Almeida A (2016).

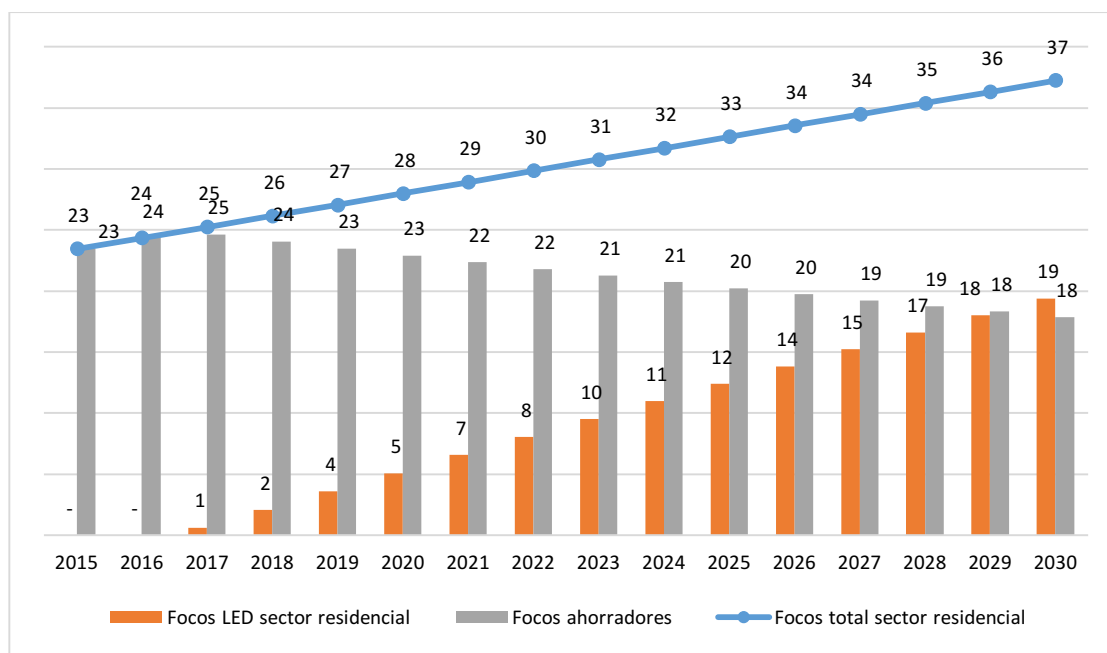
Elaboración: Juan José Almeida A.

Hasta el año 2030 el Estado ahorraría en promedio 5,3 millones de dólares al año en términos de subsidios y en total superaría los 78,4 millones; esto implica que hasta el año 2030 el Estado no alcanzaría a recuperar los 87,2 millones de dólares que se calculó eran necesarios invertir.

Política de prohibición de importación de focos ahorradores

A diferencia de las dos propuestas anteriores, en este caso el Estado no deberá invertir en compra de focos, sino simplemente realizar una prohibición igual a la del 2010 con la cual se irán reemplazando los focos del sector residencial conforme terminen su vida útil por focos LEDs. Cabe indicarse que a pesar de que la inversión es cero, puede haber implicaciones políticas y económicas de esta propuesta ya que , como se mencionó, los focos LEDs son un 108% más caros, es decir, cuestan un poco más del doble. Con esta política debe considerarse que las familias más pobres pueden ser afectadas y que probablemente haya un comportamiento reactivo por parte de los consumidores ya que a pesar de que en el largo plazo hay una recuperación, la inversión será mayor. Indicado esto, se proyecta el número de focos ahorradores y LEDs a continuación:

Gráfico N.40. Focos ahorradores y LED aplicando una prohibición de importación de focos ahorradores



Fuente: Cálculos realizados por Juan José Almeida A (2016).

Elaboración: Juan José Almeida A.

Puede observarse que el reemplazo de focos es bastante lento, esto se debe a que la vida útil de los focos ahorradores es ocho veces mayor que la de los incandescentes, lo que implica que su reemplazo tardará ocho veces más. Incluso puede observarse en el Gráfico N.40 que para el año 2030 recién superará la cantidad de focos LED al número de focos ahorradores. A continuación se indica el ahorro que esta política generará a los consumidores.

Tabla N.27. Ahorro generado a los clientes del sector residencial aplicando una prohibición de importación de focos ahorradores

Año	Ahorro en consumo eléctrico USD	Ahorro en la compra de focos USD	Ahorro total para los clientes residenciales USD	Ahorro anual por cliente residencial USD
2016	-	-	-	-
2017	1.064.995,14	223.802,32	1.288.797,46	0,28
2018	3.557.472,89	747.581,54	4.305.054,43	0,89
2019	6.100.555,15	1.281.994,98	7.382.550,14	1,47
2020	8.654.777,67	1.820.864,31	10.475.641,98	2,02
2021	11.193.675,72	2.357.760,44	13.551.436,17	2,53
2022	13.715.588,28	2.892.326,20	16.607.914,48	3,01
2023	16.151.553,41	3.406.019,50	19.557.572,91	3,43
2024	18.596.509,70	3.921.608,84	22.518.118,54	3,84
2025	21.017.657,90	4.432.177,56	25.449.835,46	4,21
2026	23.415.678,07	4.937.869,07	28.353.547,14	4,56
2027	25.791.244,05	5.438.825,47	31.230.069,52	4,89
2028	28.145.011,47	5.935.185,01	34.080.196,48	5,20

2029	30.477.613,67	6.427.081,27	36.904.694,94	5,49
2030	32.789.660,76	6.914.642,88	39.704.303,64	5,76

Fuente: Cálculos realizados por Juan José Almeida A (2016).

Elaboración: Juan José Almeida A.

Debido a que la prohibición empezaría a regir a partir del año 2017, no se registra ahorro para el año 2016. El ahorro para los consumidores será en un inicio bastante bajo, sin embargo el ahorro total hasta el año 2030 será de más de 291 millones de dólares. Como ya se mencionó, este ahorro será beneficioso para los consumidores.

A continuación se presenta el ahorro que generaría al Estado esta propuesta.

Tabla 28 Ahorro generado para el Estado aplicando una prohibición de importación de focos ahorradores

Año	Ahorro de energía para iluminación en el sector residencial kWh	USD de Subsidio por cada kWh consumido	Ahorro para el Estado en subsidios USD
2016	-	0,011	-
2017	10.922.120	0,010	103.766
2018	36.483.871	0,010	362.608
2019	62.564.599	0,011	697.541
2020	88.862.786	0,012	1.063.348
2021	115.064.676	0,012	1.394.274
2022	141.152.838	0,011	1.540.393
2023	166.222.370	0,011	1.813.976
2024	191.384.435	0,011	2.088.568
2025	216.301.480	0,011	2.360.486
2026	240.980.506	0,011	2.629.807
2027	265.428.446	0,011	2.896.606
2028	289.652.048	0,011	3.160.957
2029	313.657.830	0,011	3.422.931
2030	337.452.070	0,011	3.682.596

Fuente: Cálculos realizados por Juan José Almeida A (2016).

Elaboración: Juan José Almeida A.

Puede observarse en la Tabla 28 que el ahorro anual para el estado es bastante bajo: 1,8 millones en promedio; sin embargo, si se considera que la inversión fue cero y que hasta el año se ahorrará más de 27 millones de dólares en subsidios, se considera como positivo como parte de la eficiencia fiscal del Estado. Se recalca nuevamente sin embargo que puede haber una reacción negativa a esta política por parte de los consumidores lo que implicaría un costo político.

Cabe indicarse que luego de analizarse las alternativas de propuestas para el planteamiento de políticas respecto al uso de iluminación LED en el sector residencial, es necesario que se tome en cuenta indicadores más allá de los financieros debido a que una valoración económica del impacto ambiental o directamente en la salud humana puede ser determinante para este tipo

de decisiones. De igual forma el impacto social y político es importante, razón por la que se recomienda que la políticas a tomarse sean consideradas en un marco complemento de tal forma que se mitigue cualquier impacto negativo.

Por otra parte se debe indicar que la metodología planteada en el presente estudio puede servir como referencia para una futura proyección de la política propuesta en el caso de que haya nuevos factores que puedan potenciar su consideración. Un factor que podría darse en el futuro es el hecho de que los costos de producción de los productos tienden a disminuir gracias a la tecnología que se desarrolla y a las economías a escala generadas conforme el producto se vende más. De esta manera es de esperarse que en el futuro la tecnología LED cueste menos lo cual sería un factor para la propuesta de políticas de eficiencia energética.

Conclusiones

A lo largo de la historia del Ecuador la preocupación respecto a la eficiencia en el uso de la energía eléctrica ha sido muy escasa por parte del Gobierno dado un sector eléctrico ligado al vaivén de la economía del país, sin embargo en las últimas décadas se ha demostrado que es muy necesaria y beneficiosa tanto para el Estado como para los consumidores lo cual ha derivado en planes y proyectos de eficiencia energética que empezaron su auge en el año 2007 con la reestructuración del sector eléctrico.

Se ha determinado que el sector residencial debe ser considerado con especial atención dentro de las políticas públicas ya que este grupo representa el mayor consumo de energía así como el mayor número de consumidores. Dentro de este la mayor parte de clientes perciben la tarifa de la dignidad lo que demuestra que es un grupo vulnerable. Por estas razones se establece que es de suma importancia que el Estado analice proyectos y políticas de eficiencia energética dirigidos a este sector.

El efecto que generó la política de implementar focos ahorradores en el sector residencial fue positivo ya que disminuyó el consumo eléctrico de este sector, lo cual implicó un ahorro y como consecuencia un beneficio para las familias así como un ahorro de subsidios para el Estado, sin embargo, se establece que actualmente existe un costo de oportunidad dado que está demostrado que el uso de iluminación LED es más eficiente en términos de consumo de energía así como en vida útil. Por otro lado se ha demostrado que la eficiencia energética es importante dentro de la política pública entonces, el hecho de que haya un sistema de iluminación como el LED que es más eficiente debe ser considerado como objeto de análisis en la proposición de los planes y proyectos de eficiencia energética a futuro en el sector residencial.

Una política que emule lo realizado con el reemplazo de focos incandescentes dos factores negativos importantes: el primero es que la vida útil de los focos ahorradores es ocho veces más larga que la de un foco incandescente por lo que prohibir su importación tiene un efecto ocho veces menor. Es segundo sería el hecho de que la inversión será mucho mayor dado que hay un mayor número de clientes beneficiarios de la tarifa de la dignidad y que el costo de focos LED es superior. Estos dos factores implican que el retorno para el Estado en ahorro de subsidios a la energía sea mucho menor y que su recuperación tome 12 años como mínimo, lo cual financieramente es negativo para la propuesta. Sin embargo deben considerarse también los costos indirectos respecto a las emisiones de CO₂, contaminación con mercurio y afecciones directas a los ecosistemas por la generación eléctrica. Estos factores requieren que se realice una valoración económica misma que podría indicar resultados más favorables para la promoción del uso de la iluminación LED. Por otra parte debe considerarse también el beneficio social que implicaría un menor gasto en electricidad especialmente para los consumidores de la tarifa de la dignidad. Se puede concluir que en comparación con la política del 2008 esta es mucho menos factible, sin embargo presenta factores positivos que deberían considerarse.

Recomendaciones

Como ya se indicó, la relación entre el desarrollo del sector eléctrico y las épocas de auge económico es muy estrecha por lo que la primera recomendación que se hace es que el Estado establezca fondos de ahorro que puedan mitigar los efectos de las épocas de recesión y así plantear una política de desarrollo más estable para el sector eléctrico.

Dado que se ha concluido que el beneficio de una política que busque implementar iluminación LED en el sector residencial bajo los mismos estándares que la realizada en los años 2008-2009, será mucho menor tanto para el Estado como para los consumidores, se recomienda se analice a profundidad el impacto económico-social que pueda generar la última política propuesta que es la de únicamente prohibir la importación de focos ahorradores con el objeto de que se promueva la adquisición de focos LED para el sector residencial. Así como también se propone la realización de un análisis a políticas complementarias que puedan mitigar los impactos negativos. Entre estas se propone la realización de campañas de concientización respecto al ahorro con iluminación LED así como los efectos negativos y riesgos a la salud y al medioambiente provocados por el uso de focos ahorradores. También se propone el análisis de impacto de medidas de política fiscal respecto a la iluminación como posibles subsidios o impuestos a los focos.

Una observación que se realizó durante este estudio es que los hogares en Ecuador no mantienen una cultura adecuada en el manejo de los desecho, especialmente de los peligrosos, por esta razón se recomienda que independientemente del manejo que tenga el Estado de estos desecho así como de los productos que puedan llegar a manos de los consumidores; se promueva una cultura que fomente un adecuado manejo de los desechos peligrosos. Complementario a esto, es necesario que se considere los efectos directos y en el largo plazo que puede ocasionar el uso de focos ahorradores.

Finalmente se recomienda se realice un estudio ambiental del efecto del ciclo del mercurio en Ecuador, el alcance de su toxicidad, las cantidades que se han concentrado y los efectos en el largo plazo para el medio ambiente y la salud humana. Una valoración correcta de estos factores podría incidir fuertemente en políticas de eficiencia energética y manejo de desechos peligrosos a futuro.

Referencias Bibliográficas

- Acosta, A. (2001). *Breve historia económica del Ecuador*. Quito: Corporación Editora Nacional.
- Aguilar, M. (2014). *Análisis del déficit tarifario eléctrico ecuatoriano para el periodo 2008-2012 y alternativas de eficiencia energética y económica*. Universidad Estatal de Cuenca.
- Aldenius, M. (2015). Energy auditing and enhanced implementation of energy efficiency strategies and actions through networks for SMEs—learning across borders in Sweden, Germany and Switzerland. Recuperado a partir de <http://lup.lub.lu.se/student-papers/record/5038363>
- Álvarez, J. L. L., y Martínez, P. N. (2006). La responsabilidad en el capitalismo futuro. Competencia, gasto público y comportamiento social de las empresas. (Spanish). *Responsibility in future capitalism. Competitiveness, public budget and social behaviour of the enterprise. (English)*, (10), 10-23.
- Appell, D. (2007). Toxic Bulbs. *Scientific American*, 297(4), 30-32.
- Asociación de Servidores Públicos CENTROSUR - El Cambio de la Matriz Energética en el Ecuador. (s.f.). . Recuperado octubre 23, 2014, a partir de <http://www.aspcentrosur.com/index.php/component/k2/item/18-el-cambio-de-la-matriz-energética-en-el-ecuador>
- Aucott, M. (2009). Compact Fluorescent Bulbs and Mercury Pollution. *Journal of Industrial Ecology*, 13(5), 658-661. doi:10.1111/j.1530-9290.2009.00165.x
- Bahgat, G. (2006). Europe's energy security: challenges and opportunities. *International Affairs*, 82(5), 961-975. doi:10.1111/j.1468-2346.2006.00580.x
- Ball, D. W. (2012). Fluorescent Lights. *Spectroscopy*, 27(9), 24-28.
- Banco Central del Ecuador. (s.f.). .
- Barquín, J., y Gil, J. B. (2004). Energía: técnica, economía y sociedad. Univ Pontifica Comillas.
- Becerra, R. (2014). Propuesta de un plan nacional que incentive y regule la eficiencia energética. Escuela Politécnica Nacional.
- Bellanger, M., Pichery, C., Aerts, D., Berglund, M., Castaño, A., Čejchanová, M., Crettaz, P., et al. (2013). Economic benefits of methylmercury exposure control in Europe: Monetary value of neurotoxicity prevention. *Environmental Health: A Global Access Science Source*, 12(1), 1-10. doi:10.1186/1476-069X-12-3
- Biaou, L., Langlois, P., y Chabchoub, J. (2012). Guía B: Justificación de la intervención del gobierno en el mercado de eficiencia energética. Recuperado a partir de <http://publications.iadb.org/handle/11319/3735>

- Borenstein, S. (2013). *A microeconomic framework for evaluating energy efficiency rebound and some implications*. National Bureau of Economic Research. Recuperado a partir de <http://www.nber.org/papers/w19044>
- Braiker, B. (2001). Building a Better Bulb. *Newsweek*, 138(7), 38.
- Bush, S. (2009). Energy-saving LEDs could turn the world green. *Electronics Weekly*, (2366), 8-8.
- Calderón-Hernández, J. (2007). El mercurio en la práctica médica y sus efectos en la salud y el ambiente. (Spanish). *Boletín Médico del Hospital Infantil de México*, 64(5), 270-272.
- CONELEC. (2004, Diciembre). Plan Maestro de Electrificación 2004-2013.
- CONELEC. (2012). Plan Maestro de Electrificación 2012-2021.
- CONELEC. (2013). Plan Maestro de Electrificación 2013-2022.
- CONELEC. (2014). Estadística del Sector Eléctrico Ecuatoriano.
- Corporación Nacional de Electricidad. (2010, mayo 26). Corporación Nacional de Electricidad. *Cómo calcular su consumo eléctrico*. Recuperado a partir de <http://www.cnel.gob.ec/novedades/101-una-forma-sencilla-de-calculiar-el-consumo-de-energia-electrica-en-el-hogar.html>
- Cruz, E. (2013). *Análisis de los efectos socio-económicos del subsidio de la tarifa de la dignidad en el sector sur del distrito metropolitano de Quito parroquia Solanda*. Universidad Politécnica Salesiana.
- Dahl, C. (s.f.). ENERGY POLICY - Energy Demand and Supply Slasticities.
- Daily Mail Reporter. (2014). Those energy-saving light bulbs don't last as long as promised. *Daily Mail*, 11.
- De Niculescu, I. L. (2004). DECLIVE DE UNA ECONOMÍA PETROLERA Y LA CUESTIÓN DE LA VIVIENDA EN LAS POLÍTICAS PÚBLICAS. (Spanish). *Temas de Coyuntura*, 49, 89-116.
- Dirección Nacional de Eficiencia Energética. (s.f.). *Ministerio de Electricidad y Energía Renovable*. Recuperado a partir de <http://www.energia.gob.ec/direccion-nacional-de-eficiencia-energetica/>
- Eficiencia energética hecha en Alemania. (2014, noviembre 10). *Deutschland.de*. Recuperado enero 28, 2015, a partir de <https://www.deutschland.de/es/topic/medio-ambiente/recursos-sostenibilidad/eficiencia-energetica-hecha-en-alemania>
- Folgado Blanco, J. (2011). Una reflexión sobre el sistema eléctrico español. *A Reflection on the Spanish Power System.*, 29(2), 433-447.
- Flores, Francisco. (2011, diciembre). *El sector eléctrico ecuatoriano en los últimos 20 años: Estrategias para alcanzar la seguridad energética* (Disertación de Economía). Quito: Pontificia Universidad Católica del Ecuador.

- Galbraith, J. K. (1989). *Historia de la economía*. Barcelona: Ariel.
- García, N. G. (2012). Medidas para la mejora de la eficiencia energética: Las Empresas de Servicios Energéticos. (Spanish). *ECOsostenible*, (14), 24-36.
- García, N. G., y de Zárate, L. L. O. (2010). Ahorro y eficiencia energética: la necesidad de un nuevo modelo energético. (Spanish). *ECOsostenible*, (5), 15-28.
- Gil, A. L. (2014). De los derechos humanos en países emergentes a la eficiencia energética en los países desarrollados. (Spanish). *ECOsostenible*, (27), 3-4.
- Gomelsky, R. (2013). Evaluación Rápida y Brechas en el Sector Energético.
- Gordon, J. (2009). Let there be LEDs. *Westchester County Business Journal*, 48(36), 12.
- Green Ray LED Lighting. (2013). Green Ray LED anuncia: la luz LED con mayor eficiencia energética del mundo. *Business Wire (Español)*. Recuperado a partir de <http://search.ebscohost.com/login.aspx?direct=true&db=bwh&AN=bizwire.c48047932&lang=es&site=ehost-live>
- Haro, R. M. (2012). Impacto de la eficiencia energética y las empresas de servicios energéticos en la sociedad. (Spanish). *ECOsostenible*, (14), 3-6.
- Hope, J. David. (2008). Energy-Saving Bulbs «can Cause Migraines». *Daily Mail*, 7.
- Horvat, M., y Hintelmann, H. (2007, mayo 15). Mercury analysis. *Analytical & Bioanalytical Chemistry*, 315-317.
- Iluminación LED. (s.f.). *Maviju S.A.* Recuperado a partir de <http://maviju.com/productos/iluminacion-led/>
- Instituto Nacional de Eficiencia Energética y Energías Renovables » El Instituto. (s.f.). *Instituto Nacional de Eficiencia Energética y Energías Renovables*. Recuperado a partir de <http://www.iner.gob.ec/el-instituto/>
- Jordan, C. R., Raymond, L. J., y Ralston, N. V. C. (2005). Environmental Implications of Selenium's Effects on Mercury Retirement. *Proceedings of the North Dakota Academy of Science*, 59, 69-69.
- José María Fernandez Salgado. (2011). *Eficiencia energética en los edificios* (Primera.). Madrid: AMV EDICIONES.
- Katz, B. (2006). Expert Opinions. *Crain's New York Business*, 22(10), 31.
- Kaukoranta, T., Nakkila, J., Sarkka, L., y Jokinen, K. (2014). Effects of lighting, semi-closed greenhouse and split-root fertigation on energy use and CO₂ emissions in high latitude cucumber growing.
- La fuente de energía del futuro: la eficiencia energética. (s.f.). *Deutschland.de*. Recuperado enero 28, 2015, a partir de <https://www.deutschland.de/es/topic/medio-ambiente/energia-tecnologia/la-fuente-de-energia-del-futuro-la-eficiencia-energetica>

- La iluminación LED y el mundo moderno | INNOVA-LED. (s.f.). . Recuperado a partir de <http://innova-led.blogspot.com/2012/01/la-iluminacion-led-y-el-mundo-moderno.html>
- Ledbox. (s.f.). Niveles de iluminación recomendados por zonas. Recuperado a partir de <http://blog.ledbox.es/informacion-led/niveles-recomendados-lux>
- LED Lightbulbs Edge Fluorescents On Sustainability. (2012). *Civil Engineering (08857024)*, 82(10), 33-33.
- LEDs, CFLs total energy cost trump traditional filament bulbs. (2010). *American Ceramic Society Bulletin*, 89(1), 16-17.
- León Perez¹, D. E., y Peñuela Mesa, G. A. (2011). Trascendencia del metilmercurio en el ambiente, la alimentación y la salud humana. (Spanish). *Transcendence of methylmercury in the environment, in food and human health. (English)*, 6(2), 109-116.
- Lutter, R., y Irwin, E. (2002). Mercury in the Environment: A Volatile Problem. (Cover story). *Environment*, 44(9), 24.
- Manne, A. S., Richels, R. G., y Weyant, J. P. (1979). Feature Article—Energy Policy Modeling: A Survey. *Operations Research*, 27(1), 1-36. doi:10.1287/opre.27.1.1
- Macedo, J. (2012). LIGHTING THE ACADEMIC COMMONS. Recuperado a partir de https://www.researchgate.net/profile/Jenkins_Macedo/publication/258834232_LIGHTING_THE_ACADEMIC_COMMONS_A_Case_Study_of_Electricity_Efficiency_of_Incandescent_Compact_Fluorescent_and_LED_Lamps/links/00b7d5290f5f9bcd0b000000.pdf
- Martín, R. M. F. (2010). La unión europea como impulsora de la lucha contra el cambio climático. Kyoto y los retos para el 2020. (Spanish). *European union as driver on the fight against climate change. Kyoto and the challenges for 2020. (English)*, (25), 205-226.
- Mayne, E. (2007). Energy-Saving Light Bulbs «are Threat to Epileptics». *Mail on Sunday*, 36.
- M Cantos, J., y Balsalobre Lorente, D. (2013). Incidencia del gasto público en I+D+i energético sobre la corrección medioambiental en España. (Spanish). *Impact of Public R&D in Energy on Environmental Correction in Spain. (English)*, 31(1), 93-126.
- McLean, M. (2014). Recycling gains, pains. *Journal of Business (10756124)*, 29(10), 13.
- Miller, M. M. (2009). Compact Fluorescent Lights, Mercury, and the Landfill. *Engineer*, 39(3), 52-54.
- Ministerio de Electricidad y Energía Renovable. (s.f.). *Ministerio de Electricidad y Energía Renovable*. Recuperado a partir de <http://www.energia.gob.ec>
- Ministerio de Energía y Minas. (1996, octubre 10). Ley de regimen del sector electrico (LRSE).

- Montenegro, K. L., y Nicolalde, A. S. (2012). «*Diagnóstico y evaluación experimental del tratamiento de lámparas fluorescentes mediante el equipo balcan modelo fsl 110 en incinerox cía. Ltda. Distrito metropolitano de quito, 2012*». Universidad Central del Ecuador.
- Montiel, P. (2003). *Macroeconomics in emerging markets*. Cambridge; New York: Cambridge University Press. Recuperado a partir de <http://site.ebrary.com/id/10289159>
- Moposita, E. (2012). *Evaluación Técnica-Económica de las lámparas fluorecentes compactas*. Escuela Politécnica Nacional.
- Múnera, J. D. O. (2006). El Método De Transferencia De Beneficios Para La Valoración Económica De Servicios Ambientales: Estado Del Arte Y Aplicaciones. *Semestre Económico*, 9(18), 107-124.
- Observatorio de Política Fiscal. (s.f.) .
- OLADE. (2013). La tarifa social de la energía en América Latina y El Caribe.
- Omata, Y., Hashimoto, N., Kawagoe, S., Suemitsu, T., y Yokoyama, M. (2002). Sputtering deposition of infra-red reflecting films on ellipsoidal bulbs of energy saving lamps. *Lighting Research & Technology*, 34(2), 111-119. doi:10.1191/1365782802li042oa
- Orathinkal, J., Tetang, A., y Kilip, J. M. (2011). Mercury concentration and its effect on the aquatic environment of the Lower Watut River, Morobe Province, Papua New Guinea. *Contemporary PNG Studies*, 14, 38-50.
- Ozturk, I. (2010). A literature survey on energy–growth nexus. *Energy Policy*, 38(1), 340-349. doi:10.1016/j.enpol.2009.09.024
- Pichery, C., Bellanger, M., Zmirou-Navier, D., Fr,ry, N., Cordier, S., Roue-LeGall, A., Hartemann, P., et al. (2012). Economic evaluation of health consequences of prenatal methylmercury exposure in France. *Environmental Health: A Global Access Science Source*, 11(1), 53-62. doi:10.1186/1476-069X-11-53
- Report: Energy Efficiency's Success Story Largely Untold. (2008). *American Gas*, 90(9), 11-11.
- Rodríguez, C. (2011). Coherencia en los planes para mejorar la eficiencia energética. (Spanish). *Directivos Construcción*, (245), 42-45.
- Rodríguez Pabón, L. (2011). Reglas fiscales e instituciones presupuestales. (Spanish). *Fiscal Rules and Budgetary Institutions. (English)*, (6), 43-70.
- Rubiolo, M. F. (2010). La seguridad energética en la política exterior de China en el siglo XXI. (Spanish). *CONfines de Relaciones Internacionales y Ciencia Política*, 6(11), 59-83.
- Salazar, L. P. T. (2008). Transferencias intergubernamentales y gasto local: Repensando la descentralización fiscal desde una revisión de la literatura. (Spanish). *Intergovernmental Transfer and Local Expenses: Re-thinking Fiscal Decentralization from a Revision of its Literature. (English)*, 17(2), 451-486.

- Salguero, P. por: J. Q. (s.f.). Comparación de las Tarifas de Electricidad en Latinoamérica. *Revista Oro Negro*. Recuperado a partir de <http://revistaoronegro.com/2014/05/27/comparacion-de-las-tarifas-de-electricidad-en-latinoamerica/>
- Saving the Planet By Contaminating the Environment. (2007). *Nutrition Health Review: The Consumer's Medical Journal*, (99), 19-19.
- Schenker, M. (s.f.). CFL vs Incandescent. *Earths Friends*. Recuperado febrero 3, 2015, a partir de <http://www.earthsfriends.com/cfl-vs-incandescent/>
- SENPLADES. (2010). Perfil focos SENPLADES.
- SENPLADES. (2013). *Buen vivir: plan nacional 2013-2017, todo el mundo mejor*. Quito: Secretaría Nacional de Planificación y Desarrollo.
- Spadaro, J. V., y Rabl, A. (2008). Global Health Impacts and Costs Due to Mercury Emissions. *Risk Analysis: An International Journal*, 28(3), 603-613. doi:10.1111/j.1539-6924.2008.01041.x
- Stiglitz, J. E., Rabasco, M. E., y Toharia, L. (2002). *La economía del sector público*. Barcelona: Antoni Bosch.
- Sunderland, E. M., y Selin, N. E. (2013). Future trends in environmental mercury concentrations: implications for prevention strategies. *Environmental Health: A Global Access Science Source*, 12(1), 1-5. doi:10.1186/1476-069X-12-2
- Sundseth, K., Pacyna, J. M., Pacyna, E. G., Munthe, J., Belhaj, M., y Astrom, S. (2010). Economic benefits from decreased mercury emissions: Projections for 2020. *Journal of Cleaner Production*, 18(4), 386-394. doi:10.1016/j.jclepro.2009.10.017
- Swee, N. S. L., Yip, M. W., Keong, C. S., Tai, S. C., y Toh, G. G. (2015). Improve Electricity Efficiency by Applying TRIZ. *Journal of Clean Energy Technologies*, 3(2), 149-154. doi:10.7763/JOCET.2015.V3.186
- Sweeney, J. (s.f.). Economics of Energy.
- Trasande, L., Landrigan, P. J., y Schechter, C. (2005). Public Health and Economic Consequences of Methyl Mercury Toxicity to the Developing Brain. *Environmental Health Perspectives*, 113(5), 590-596. doi:10.1289/ehp.7743
- Trasande, L., Schechter, C., Haynes, K. A., y Landrigan, P. J. (2006). Applying Cost Analyses to Drive Policy That Protects Children. *Annals of the New York Academy of Sciences*, 1076(1), 911-923. doi:10.1196/annals.1371.034
- Una visión-país para el sector de la edificación y para el de la eficiencia energética. (Spanish). (2012). *ECOsostenible*, (14), 46-50.
- Unibail-Rodamco, un proyecto de eficiencia energética de referencia a nivel europeo. (Spanish). (2011). *Directivos Construcción*, (245), 49-51.

URASHIMA, K., y GAMO, H. (2013). The result of Study on Sustainable Saving Electricity–Future Perspective Based on the Delphi Survey and Scenarios. Recuperado a partir de <http://data.nistep.go.jp/dspace/handle/11035/2449>

Work Area LED String Light is constructed for durability. (2013). *ThomasNet News*, 1.

Ximena Bethsabé Játiva Sierra. (2009). *Ventajas y desventajas del subsidio cruzado de la tarifa eléctrica ecuatoriana*. Quito: Pontificia Universidad Católica del Ecuador.

Young, R., Hayes, S., Kelly, M., Vaidyanathan, S., Kwatra, S., Cluett, R., y Herndon, G. (2014). The 2014 International Energy Efficiency Scorecard. Recuperado a partir de http://www.cadenasecoeficientes.mx/cms/images/noticias/REPORTE_EFICIENCIA_ENERGIA_ACEEE.pdf

Anexos

Anexo A: Glosario de términos

- ARCONEL:

Agencia de Regulación y Control de Electricidad. Cabe indicarse que mantiene el nombre de Consejo Nacional de Electricidad (CONELEC).

- CENACE:

Corporación Centro Nacional de Control de Energía.

- Comercialización:

En este contexto se la considera como la venta de energía a los consumidores.

- CONELEC:

Consejo Nacional de Electricidad.

- Consumidor regulado:

Persona natural o jurídica (en el sector residencial solo naturales) a la cual, se le distribuye energía eléctrica y cuyo abastecimiento está sujeto a las regulaciones y tarifas establecidas en la ley y reglamentos correspondientes.

- Distribuidor:

Persona jurídica que presta el servicio público de suministrar energía dentro de su área de concesión.

- Eficacia luminosa (lm/W):

Se define como la diferencia entre la potencia eléctrica y la luz emitida, es decir, los lúmenes puede emitir una lámpara o fuente de luz por cada vatio que consume.

- Generador:

Persona jurídica encargada de una o varias centrales de generación eléctrica, mismas que se encuentran conectadas al Sistema Nacional de Transmisión.

- Gran consumidor:

Es la persona natural o jurídica, que se encuentra facultada a acordar con un generador o distribuidor el servicio eléctrico de manera directa. Cabe indicarse que son casos especiales que de igual forma deben ser calificados y regulado por el CONELEC.

- Lumen (lm):

Es una unidad de medida que indica el flujo luminoso (o la “cantidad” de luz”) que emite una fuente dada.

- Lux (lm/m^2):

Es una unidad de medida que equivale a un lumen sobre metro cuadrado. Esta medida va relacionada al uso eficiente de la iluminación ya que puede darse que a pesar de tener una gran fuente lumínica, esta no sea correctamente direccionada y la luz generada se “pierda”, o no se aproveche para la iluminación de un espacio determinado.

- Sistema eléctrico:

Agrupar a todas las centrales de generación, líneas de transmisión, subestaciones, las redes de distribución, y los equipos asociados. Cabe mencionarse que también se considera a las interconexiones internacionales.

- Sistema nacional interconectado (SNI):

Todos elementos y participantes del sistema eléctrico se encuentran conectados entre sí con el objeto de suministrar energía al público. A esta gran red se la nombró SNI.

- Vida útil de un foco:

La vida útil se define como el tiempo tras el cual es preferible o necesario sustituir una lámpara o foco. Esto puede darse debido a que disminuye considerablemente el flujo luminoso de la lámpara o simplemente deja de funcionar. Este valor se mide en horas.

- Watt o Vatio (W):

Es una unidad de potencia. Básicamente lo que determina es la velocidad a la cual un equipo que utiliza energía eléctrica transforma a esta energía en otro tipo de energía. En el caso de las lámparas sería en luz por ejemplo. De esta manera, la potencia eléctrica de los aparatos eléctricos se expresa en watts y mientras más watts tengan, implica que consume más energía eléctrica. También se pueden usar medidas como kilovatios (kW) que equivale a 1000 vatios, megavatio (MW) que equivale a un millón de vatios o gigavatio (GW) que equivale a un millón de kilovatios.

Anexo B: Cálculo de número de focos necesarios para los usuarios de la tarifa de la dignidad.

La ENEMDU presenta para el año 2014 datos respecto al número de focos que hay por hogar como se muestra en la Tabla N.29. El número de hogares encuestados fue 30.365; de estos se obtuvo 29.754 datos válidos. El INEC establece que la muestra tomada es representativa para todo el país por lo que se pueden ponderar los datos en función del número total de focos. Para el 2014 la encuesta establece que en Ecuador los hogares tenían en total 22.240.327 focos.

Tabla N.29. Resultados de la ENEMDU 2014 y ponderación para el total de clientes

Número de focos	Frecuencia	Focos totales encuesta	Ponderado focos totales 2014
1	1.173	1.173	163.034
2	3.261	6.522	906.486
3	4.646	13.938	1.937.229
4	5.185	20.740	2.882.632
5	4.173	20.865	2.900.006
6	3.821	22.926	3.186.462
7	1.940	13.580	1.887.471
8	1.825	14.600	2.029.240
9	622	5.598	778.061
10	1.430	14.300	1.987.543
11	212	2.332	324.122
12	517	6.204	862.288
13	95	1.235	171.651
14	130	1.820	252.960
15	275	4.125	573.330
16	81	1.296	180.130
17	25	425	59.070
18	49	882	122.588
19	20	380	52.816
20	141	2.820	391.949
21	5	105	14.594
22	11	242	33.635
23	9	207	28.771
24	5	120	16.679
25	27	675	93.818
26	3	78	10.841
28	6	168	23.350
30	34	1.020	141.769
32	2	64	8.895
35	1	35	4.865
36	1	36	5.004

38	1	38	5.282
40	7	280	38.917
41	1	41	5.699
44	1	44	6.116
47	1	47	6.532
50	6	300	41.697
56	1	56	7.783
58	2	116	16.123
60	5	300	41.697
63	1	63	8.756
69	1	69	9.590
70	1	70	9.729
80	1	80	11.119
Subtotal	29.754	-	-
Perdidos Sistema	611	-	-
Total	30.365	160.015	22.240.327

Fuente: INEC y cálculos realizados por Juan José Almeida A (2016).

Elaboración: Juan José Almeida A.

Dados estos datos, se proyectará el número de focos que habrá en Ecuador para el año 2016 y se ponderará conforme a la ENEMDU 2014.

Para estimar el número de focos se toma en cuenta al número de clientes residenciales que hubo para el año 2014; 4.117.661 clientes en total. Si dividimos el número de focos para los clientes se obtiene un promedio de 5,4 focos por cliente residencial. Asumiendo que este porcentaje se mantiene estable, entonces al multiplicar 5,4 focos por 4.508.000 clientes residenciales (número que el MEER proyecta que habrá en el 2016), se obtiene que habrán 24.348.628 focos en Ecuador para el 2016. Ponderando este valor conforme los datos de la Tabla N.29 se obtiene cuántos focos hay por hogar.

La proyección realizada del número de usuarios que en el 2016 serán beneficiarios de la tarifa indica que habrán 2.561.332 de clientes. Asumiendo que los clientes que menos focos tienen en sus hogares, son los que son beneficiarios de la tarifa de la dignidad entonces se toma a los 2.561.332 clientes que menos focos tienen para el año 2016 y se observa la cantidad de focos que tendrán en total. Como resultado se obtiene que lo clientes con la tarifa de la dignidad para el año 2016 tienen en total 8.461.630 focos.

Anexo C: Costo de importación de focos LED

La empresa Cixi Talent Electrical Appliances Co., Ltd. proformó valores CIF y FOB para la adquisición de los 8.461.630 focos. El valor total CIF hasta el puerto de Guayaquil será de 19.250.208 dólares, esto es 85.312,50 dólares por contenedor de 20 pies.

La Importadora Comercial Sucre facilitó su asesoría para determinar el gasto final que implicará la importación de cada contenedor, conforme su experiencia y costos. Los resultados se muestran en la Tabla N.30 a continuación. Esta estimación se da en función de los costos de la empresa, así como los porcentajes vigentes de los diferentes impuestos. Se asumen todos los gastos que tuviera cualquier importador particular sin ningún tipo de preferencia que pudiera percibir el Gobierno Central.

Tabla N.30. Cálculo de los costos de importación

Costo de importación de un contenedor	
Valor CIF	85.312,50
Aranceles	-
FODINFA (0,5%)	426,56
Salvaguardas	-
IVA (12%)	10.288,69
Certificados INEN	-
CORPEI (0,025%)	21,09
Gastos por Carta de Crédito	695,07
Flete Interno	1.616,14
Agente Afianzado	484,84
Almacenaje	1.111,09
IVA Almacenaje	133,33
Impuesto a la salida de divisas (5%)	426,56
Otros gastos	1.871,48
Total costo contenedor	102.387,36
Focos por contenedor	37.500
Total costo unitario foco LED	2,73

Fuente: Importadora Comercial Sucre (2015) y cálculos realizados por Juan José Almeida A (2016).

Elaboración: Juan José Almeida A.

Considerando que se importarán los focos LED bajo la SubPartida Arancelaria N° 8541401000, los cargos por impuestos: advalorem, ICE y salvaguardia por valor; son cero. Por otra parte, cuando se menciona “Otros Gastos”, esto incluye el gasto de estibaje y diferencias en las primas de seguros.

Anexo D: Cálculo del reemplazo de focos que se queman; incandescentes y ahorradores

Para estimar el número de focos ahorradores que serán reemplazados por focos LED en el caso de que se proponga una política de prohibición de importación de estos focos, primero se propondrá un modelo que explique al reemplazo de focos incandescentes que comenzó en el año 2010 y del cual se tiene datos al año 2014 respecto al número total de focos del sector residencial, así como de la cantidad de focos ahorradores que había para ese año. Una vez establecido este modelo, se simulará la política de reemplazo de focos ahorradores por focos LED.

Modelo de reemplazo de focos incandescentes por ahorradores.

Para definir cómo se reemplaza en el tiempo a los focos incandescentes por ahorradores se han tomado en cuenta dos factores. El primero es la proyección del reemplazo de focos incandescentes por ahorradores, que se da en el tiempo, de un stock inicial de focos que empieza en el 2007; mientras que el segundo es el número de focos nuevos que se añaden cada año y el reemplazo que se va dando en estos. En el presente modelo se asumirá que para el año 2007 todos los focos eran incandescentes. También se asumirá que todos los focos que se queman son reemplazados con focos ahorradores, mientras que los focos incandescentes que estaban en stock en las tiendas se ocupan únicamente para los nuevos clientes que se suman al sector residencial, esto debido a que en el momento en el que se acabe el stock de focos incandescentes, todos los focos que se sumen al sector residencial serán ahorradores mientras que hay una tasa de reemplazo de los focos incandescentes que se encontraban en stock lo que implica que se demorarán más en reemplazarse. Sabemos por observación que los focos incandescentes de las tiendas se “acabaron” en menos de cuatro años mientras que en los hogares todavía hay focos incandescentes en uso.

Dados los supuestos del Anexo B, entonces se determinará los focos totales del sector residencial que hay en el periodo comprendido entre los años 2007 y 2014.

Tabla N.31. Cálculo del número total de focos del sector residencial

Año	Número de clientes residenciales	Número de focos por cliente	Número total de focos en el sector residencial	Número de focos nuevos cada año
2007	2.948.585	5,40	15.925.909	-
2008	3.110.473	5,40	16.800.299	874.390
2009	3.288.798	5,40	17.763.469	963.170
2010	3.470.331	5,40	18.743.966	980.497
2011	3.675.992	5,40	19.854.783	1.110.817
2012	3.853.176	5,40	20.811.790	957.007

2013	4.010.640	5,40	21.662.285	850.495
*2014	4.117.661	5,40	22.240.327	578.042

Fuentes: CONELEC (2013) y cálculos realizados por Juan José Almeida A (2016).

Elaboración: Juan José Almeida A.

*El año 2014 es el único que presenta un dato oficial. El resto de años presentan datos proyectados

Conforme la Tabla N.31 el número de focos que había en el total de hogares del país en el año 2007 era de 15.925.929 , de los cuales se asume que todos son incandescentes. Para el año 2008 esto cambiaría cuando el Gobierno entregaría los primeros 2.400.000 focos ahorradores. Para el año 2009 entregaría los otros 3.600.000.

En primera instancia se determinará el número de focos ahorradores e incandescentes que se sumará cada año únicamente tomando en cuenta a los focos “nuevos” del sector residencial. Para definir la tasa en la que se irán reemplazando los focos a partir del año 2010 (cuando comienza a regir la prohibición de importación de focos incandescentes), se asumirá una función que represente al porcentaje de focos nuevos que son incandescentes cada año, esto debido al stock de focos incandescentes en las tiendas que debe ir disminuyendo al paso de los años. Se consideró que la función que se ajusta más a la realidad para el efecto de este estudio es la siguiente:

Ecuación N.5.

$$y = a * \left(\frac{1}{x^b} \right)$$

Donde y es el porcentaje de focos incandescentes en cada año x que va pasando. Por su parte la constante a representa al número al que será igual el primer año en el que se aplique la fórmula. El valor b por su parte reduce exponencialmente a y conforme va aumentando. Esto es importante ya que en pocos años la tasa de focos nuevos incandescentes tendió a cero. Para la presente disertación se asumirá que su valor es igual a tres, un valor que implica que en menos de cuatro años el porcentaje de focos incandescentes tenderá a cero, lo cual se ajusta a la realidad. Por otra parte se asumirá que el 2009 es el año cero ya que en el 2010 comienza la prohibición de importación de focos incandescentes. Dado que se está calculando un porcentaje entonces el valor con el que se empieza será 100 para a lo que implica que el porcentaje de focos incandescentes que se suman cada año a partir del 2010 comienza en un 100% que irá disminuyendo conforme lo indique la función. Por consiguiente los valores de a y b se presentan a continuación:

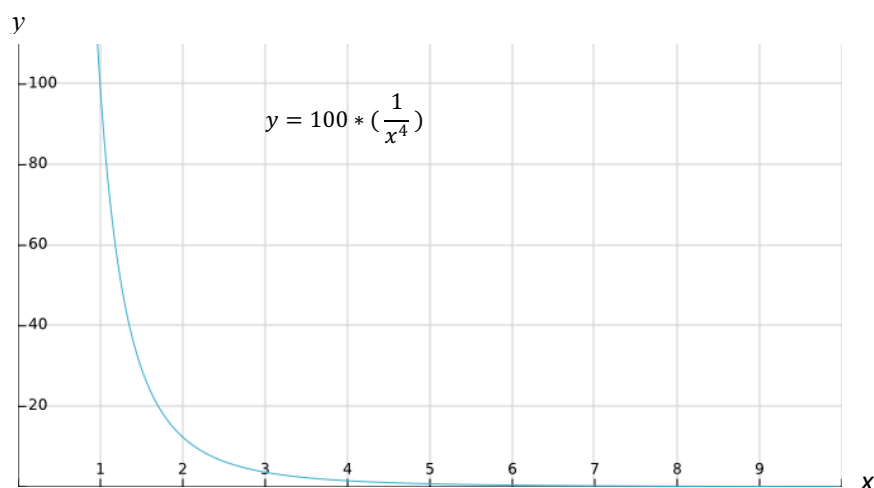
$$a = 100 \quad b = 4$$

Se obtiene la siguiente función:

Ecuación N.6.

$$y = 100 * \left(\frac{1}{x^4}\right)$$

Gráfico N.41. Representación gráfica de la Ecuación N.6.



Fuente: Cálculos realizados por Juan José Almeida A (2016).

Elaboración: Juan José Almeida A.

La función presentada en el Gráfico N.41 se ajusta a la realidad por varios motivos:

- Tiene pendiente negativa, lo que implica que conforme avancen los años habrán menos focos incandescentes en stock en las tiendas.
- El eje x es en sí una asíntota, por lo que y nunca podrá ser igual a cero. Esto se ajusta a la realidad de igual forma ya que no se puede garantizar que todos los focos incandescentes serán vendidos pero sí tenderá a cero.
- La tasa a la cual y disminuye conforme aumenta x es exponencial por lo que rápidamente x tiende a cero. Esto se ajusta a la realidad dado que en pocos años (aproximadamente de tres a cinco años) el stock de las tiendas de focos incandescentes disminuyó hasta tender a cero.

Una vez que se ha establecido esta función se calcula el porcentaje de focos nuevos ahorradores e incandescentes cada año multiplicando al número de focos nuevos anuales por el porcentaje correspondiente. Los resultados se muestran a continuación en la Tabla N.32.

Tabla N.32. Cálculo del porcentaje de focos ahorradores e incandescentes que se suman cada año

Año	Número de focos nuevos cada año	Número de focos nuevos (acumulado)	Porcentaje de focos nuevos que son Incandescentes	Número de focos nuevos que son incandescentes cada año	Focos nuevos incandescentes (acumulado)	Número de focos nuevos que son ahorradores cada año	Focos nuevos ahorradores (acumulado)
2007	-	-	-	-	-	-	-
2008	874.390	874.390	100,00%	874.390	874.390	-	-
2009	963.170	1.837.560	100,00%	963.170	1.837.560	-	-
2010	980.497	2.818.057	100,00%	980.497	2.818.057	-	-
2011	1.110.817	3.928.874	6,25%	69.426	2.887.483	1.041.391	1.041.391
2012	957.007	4.885.881	1,23%	11.815	2.899.298	945.192	1.986.583
2013	850.495	5.736.376	0,39%	3.322	2.902.620	847.173	2.833.756
2014	578.042	6.314.418	0,16%	925	2.903.545	577.117	3.410.873

Fuentes: Cálculos realizados por Juan José Almeida A (2016).

Elaboración: Juan José Almeida A.

Entre el año 2008 y 2014 se sumaron 6,3 millones de focos, de los cuales 3,4 millones serán ahorradores y 2,9 millones serán incandescentes. Primero se puede observar el porcentaje que se calcula con la función ya descrita, para la cual el año número “1” será el 2010. Los años 2008 y 2009 presentan un 100% de focos nuevos incandescentes debido a que no empezaba a regir la prohibición de importaciones. En el 2010 la tasa también es del 100% debido a los focos incandescentes que habían en stock y partir de este año irá disminuyendo este porcentaje hasta que para los años 2013 y 2014 tiende a cero.

Una vez que se ha determinado los focos ahorradores e incandescentes de cada año, se aplica la tasa a la cual se va reemplazando los focos incandescentes que cada año se van quemando. Cabe mencionarse que la suma total de focos incandescentes será igual al stock que se presentaba en las tiendas de estos hasta el momento en que se prohibió su importación, que es la razón por la que se siguen sumando incluso luego de que se haya establecido esta medida. Como se mencionó anteriormente, en este caso alcanzan los 2,9 millones de focos hasta el año 2014.

Una vez determinado esto, se debe establecer la tasa con la cual se irán reemplazando los focos incandescentes por ahorradores cada año. Se asume que esta tasa es un porcentaje fijo que afectará tanto al stock inicial de focos incandescentes que había para el año 2007, como para el stock de focos incandescentes que se sumará en cada uno de los siguientes años. Primero se indicará el efecto de esta tasa en los focos nuevos del sector residencial y después en el stock inicial de focos del año 2007.

Respecto a los focos nuevos del sector residencial se ha planteado la Ecuación N.7.

Ecuación N.7.

$$Z_t = \rho c_{t-1}(r_t) + x_t$$

Donde Z_t es la cantidad de focos ahorradores nuevos en el periodo t . Por una parte, es un función de c_{t-1} , que representa al total de focos incandescentes en el periodo anterior, que son sustituidos en t , por efecto de su obsolescencia, a una tasa $\rho \in (0,1)$; cabe indicarse que esta tasa va conforme a la Ecuación N.6. A su vez c_{t-1} disminuye en el tiempo a una tasa decreciente $r(t)$, como resultado de la prohibición de importación de focos incandescentes, que convergerá en el largo plazo a un valor de cero. El segundo componente, x_t , representa a la demanda de bombillas nuevas, por efecto de los incrementos en el sector residencial, es decir, cuando se suman nuevos clientes y por los tanto más focos al sector.

El módulo ambiental de la ENEMDU 2014 es la única encuesta que presenta el dato de la cantidad de focos totales (ahorradores e incandescentes) que hay en el país. La encuesta indica que hubo un total de 17.958.152 focos ahorradores. Este número será la base para establecer el valor de ρ , ya que de este porcentaje dependerá el número de focos ahorradores en cada año. Para alcanzar los valores exactos presentados por la ENEMDU se ha definido entonces que la tasa a la que se queman los focos deberá ser del 19,70279%, esto implica que el valor de ρ será igual a 0,1970279.

En la Tabla N.33 a continuación se puede observar entonces; de los focos nuevos que se suman, el total de focos ahorradores que habrá en cada año, primero por los focos ahorradores nuevos que se suman y segundo por los focos ahorradores que van reemplazando a los incandescentes.

Tabla N.33. Cálculo de los focos totales ahorradores de los focos nuevos

Año	Focos nuevos ahorradores	Focos nuevos incandescentes	Focos nuevos incandescentes (acumulado)	Porcentaje de focos ahorradores $\rho \in (0,1)$	Focos ahorradores dada la queman de los incandescentes nuevos (acumulado)	Focos ahorradores totales (Nuevos) Z_t
2007	-	-	-	0,197	-	-
2008	-	874.390	874.390	0,197	-	-
2009	-	963.170	1.837.560	0,197	-	-
2010	-	980.497	2.818.057	0,197	555.236	555.236
2011	1.041.391	69.426	2.887.483	0,197	1.014.753	2.056.144
2012	945.192	11.815	2.899.298	0,197	1.386.061	3.372.644
2013	847.173	3.322	2.902.620	0,197	1.684.866	4.518.622
2014	577.117	925	2.903.545	0,197	1.924.979	5.335.853

Fuente: Cálculos realizados por Juan José Almeida A (2016).

Elaboración: Juan José Almeida A.

Ahora queda calcular el reemplazo que se da de focos incandescentes por focos ahorradores en el stock de focos del año 2007. Cabe indicarse que el stock al cual se le aplicará esta tasa debe restársele los 6.000.000 de focos que entregó el gobierno, es decir:

$$15.925.909 - 6.000.000 = 9.925.909$$

El número de focos ahorradores totales para cada periodo se define entonces con la Ecuación N.8.:

Ecuación N.8.

$$X_T = \sum_{t=1}^T Z_T = \rho \sum_{t=1}^T c_{t-1}(r_t) + \sum_{t=1}^T x_t$$

Donde X_T es el número de focos ahorradores que habrá, hasta el periodo T . Como ya se explicó, este valor será de 9.925.909 . Se aclara que el valor de p se mantiene constante en 0,1970279 .

Dado esto se muestra en la Tabla N.34. los resultados:

Tabla N.34. . Focos ahorradores e incandescentes del stock de focos del año 2007

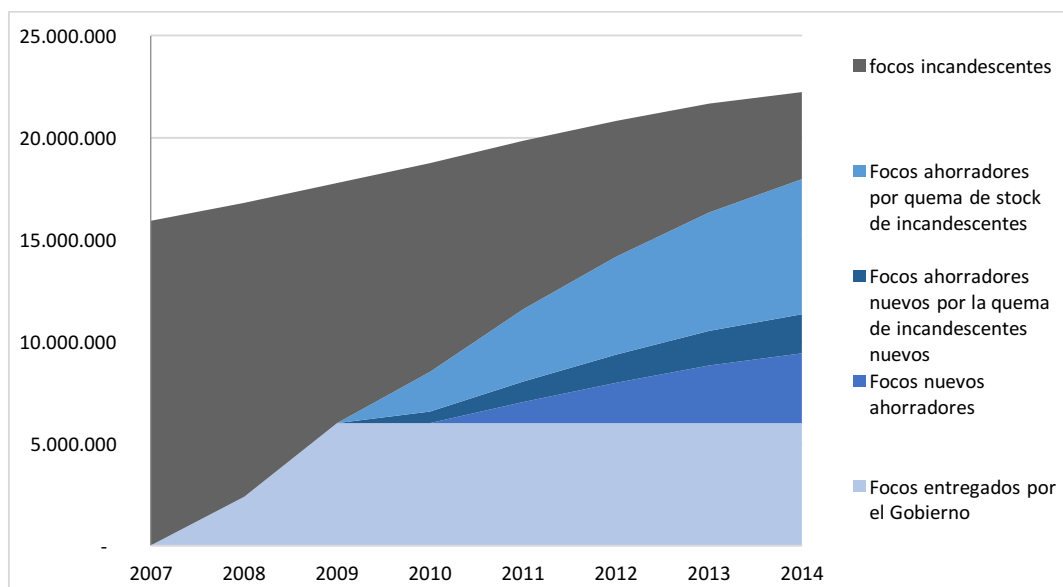
Año	Focos ahorradores totales	Focos incandescentes totales
2007	-	9.925.909
2008	-	9.925.909
2009	-	9.925.909
2010	1.955.681	7.970.228
2011	3.526.038	6.399.871
2012	4.786.991	5.138.918
2013	5.799.502	4.126.408
2014	6.612.519	3.313.390

Fuente: Cálculos realizados por Juan José Almeida A (2016).

Elaboración: Juan José Almeida A.

Con todos los datos que se han calculado, a continuación se presenta un gráfico donde se muestra la masa total de focos del sector residencial así como con la evolución de las cantidades de focos ahorradores e incandescentes que hubo en cada año.

Gráfico N.42. Evolución del número de focos ahorradores e incandescentes



Fuente: Cálculos realizados por Juan José Almeida A (2016).
Elaboración: Juan José Almeida A.

También se presenta una tabla con los resultados.

Tabla N.35. Total de focos ahorradores e incandescentes

Año	TOTAL focos del sector residencial	Focos ahorradores por quema de stock de incandescentes	Focos ahorradores nuevos por la quema de incandescentes nuevos	Focos nuevos ahorradores	Focos entregados por el Gobierno	TOTAL focos ahorradores del sector residencial	TOTAL focos incandescentes del sector residencial
2007	15.925.909	-	-	-	-	-	15.925.909
2008	16.800.299	-	-	-	2.400.000	2.400.000	14.400.299
2009	17.763.469	-	-	-	6.000.000	6.000.000	11.763.469
2010	18.743.966	1.955.681	555.236	-	6.000.000	8.510.917	10.233.049
2011	19.854.783	3.526.038	1.014.753	1.041.391	6.000.000	11.582.183	8.272.600
2012	20.811.790	4.786.991	1.386.061	1.986.583	6.000.000	14.159.636	6.652.154
2013	21.662.285	5.799.502	1.684.866	2.833.756	6.000.000	16.318.123	5.344.162
2014	22.240.327	6.612.519	1.924.979	3.410.873	6.000.000	17.948.372	4.291.955

Fuente: Cálculos realizados por Juan José Almeida A (2016).
Elaboración: Juan José Almeida A.

Como ya se mencionó, el INEC ha establecido que para el 2014 hubo 17.948.372 focos ahorradores. Como puede observarse en la Tabla N.35, este valor coincide perfectamente con el modelo planteado.

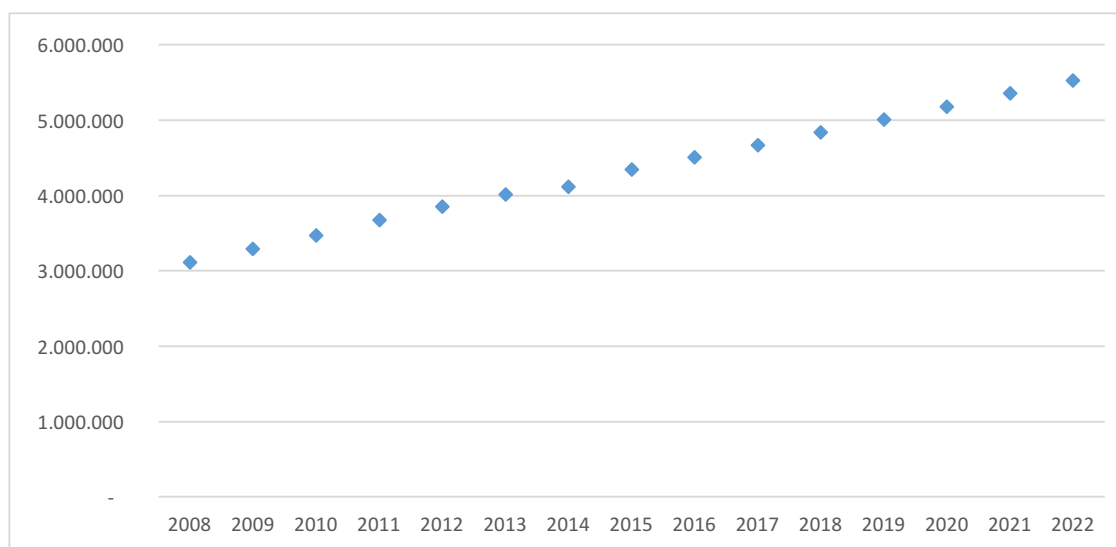
Modelo de reemplazo de focos ahorradores por LEDs.

Dado el modelo que explica el reemplazo de focos incandescentes por ahorradores, se realizará a continuación una emulación del mismo para plantear una política de implementación de focos LED en el sector residencial.

Se debe indicar que el número de clientes del sector residencial presenta proyecciones oficiales únicamente hasta el año 2022, sin embargo se realizará una proyección hasta el año 2030 lo cual establece un rango de 15 años, mismo que permitirá observar los resultados de la política propuesta en el largo plazo.

Para proyectar el número de clientes residenciales se toma en cuenta una serie de 15 datos desde el año 2008 hasta el 2022. Todos estos datos son oficiales y publicados por el CONELEC. Cabe indicarse que no se toman datos anteriores al 2008 debido a la reestructuración del sector eléctrico en el año 2007, años desde el que se considera también que ha habido estabilidad económica y política en el país. A continuación se presenta un gráfico de dispersión con los datos indicados.

Gráfico N.43. Gráfico de dispersión del número de clientes del sector residencial



Fuente: CONELEC (2013)

Elaboración: Juan José Almeida A.

Puede observarse que tanto para los datos oficiales, como para los proyectados, la tendencia lineal del crecimiento del número de clientes del sector es bastante clara. Dado esto se realizó una regresión de mínimos cuadrados que dio como resultado la siguiente función lineal:

Ecuación N.9.

$$y = 3.000.000 + 170.942x$$

Donde y es el número de clientes que habrá en el sector residencial, conforme aumente x que es el número de años. El R^2 de la Ecuación N.9. es de 0,9993 lo cual es bastante alto. De esta manera se proyecta con la Ecuación N.9 al número de clientes hasta el año 2030. Se procede de igual manera proyectar el número de focos que habrá en el sector residencial para esta serie de años.

Tabla N.36. Número de clientes y número de focos en el sector residencial

Año	Número total de clientes del sector residencial	Número de focos por cliente residencial	Número total de focos del sector residencial
2015	4.343.000	5,4	23.457.429
2016	4.508.000	5,4	24.348.628
2017	4.673.000	5,4	25.239.826
2018	4.841.000	5,4	26.147.229
2019	5.009.000	5,4	27.054.631
2020	5.181.000	5,4	27.983.638
2021	5.354.000	5,4	28.918.046
2022	5.526.000	5,4	29.847.054
2023*	5.698.342	5,4	30.777.909
2024*	5.869.284	5,4	31.701.202
2025*	6.040.226	5,4	32.624.496
2026*	6.211.169	5,4	33.547.789
2027*	6.382.111	5,4	34.471.083
2028*	6.553.053	5,4	35.394.376
2029*	6.723.995	5,4	36.317.670
2030*	6.894.937	5,4	37.240.964

Fuentes: CONELEC (2013) y Proyecciones realizadas por Juan José Almeida A (2016).

Elaboración: Juan José Almeida A.

* Datos proyectados

Una vez que se ha determinado al número de focos para cada año se plantean todos los supuestos del modelo previo. De esta forma se calculará primero el número de focos nuevos que serán ahorradores y LED.

Cabe mencionarse que para aplicar el modelo, lo primero que se debe hacer es asumir que para el año 2016 todos los focos son ahorradores. Conforme el modelo aplicado para el cálculo de focos ahorradores en el sector residencial, para el año 2016 serán de 21.580.425 focos ahorradores en el sector residencial, lo cual el 88,63% del total. Este porcentaje es alto, tomando en cuenta que ese 88,63% de focos son los “más utilizados” ya que los restantes son los focos incandescentes que no se han quemado dado que se utilizan menos. Incluso se extendió la proyección del modelo anterior utilizando el número de clientes calculado, hasta que los focos ahorradores alcancen a ser el 99% del total de focos. La proyección indica que este porcentaje se alcanzará en el 2026. Esto implica que el 88% de los focos incandescentes se reemplazan en seis años, mientras que el 12% restante tarda diez años más en ser reemplazado.

Una vez que se asume que los focos del sector residencial son ahorradores todos, se calcula el número de focos nuevos ahorradores y LEDs que se sumarán al sector residencial de la misma manera en que se calculó el número de focos ahorradores e incandescentes. Para esto se utilizará la misma Ecuación N.6. Los resultados se muestran en la Tabla N.37 a continuación:

Tabla N.37. Número de focos ahorradores e incandescentes nuevos en el sector residencial

Año	Número de focos nuevos cada año	Número de focos nuevos (acumulado)	Porcentaje de focos nuevos que son ahorradores	Número de focos nuevos que son ahorradores cada año	Focos nuevos ahorradores (acumulado)	Número de focos nuevos que son LED cada año	Focos nuevos LED (acumulado)
2016	-	-	0,000%	-	-	-	-
2017	891.199	891.199	100,000%	891.199	891.199	-	-
2018	907.402	1.798.601	6,250%	56.713	947.911	850.690	850.690
2019	907.402	2.706.003	1,235%	11.202	959.114	896.200	1.746.889
2020	929.007	3.635.010	0,391%	3.629	962.743	925.378	2.672.268
2021	934.408	4.569.419	0,160%	1.495	964.238	932.913	3.605.181
2022	929.007	5.498.426	0,077%	717	964.955	928.290	4.533.471
2023	930.855	6.429.281	0,042%	388	965.342	930.467	5.463.938
2024	923.294	7.352.574	0,024%	225	965.568	923.068	6.387.007
2025	923.294	8.275.868	0,015%	141	965.708	923.153	7.310.159
2026	923.294	9.199.161	0,010%	92	965.801	923.201	8.233.361
2027	923.294	10.122.455	0,007%	63	965.864	923.231	9.156.591
2028	923.294	11.045.749	0,005%	45	965.908	923.249	10.079.840
2029	923.294	11.969.042	0,004%	32	965.941	923.261	11.003.101
2030	923.294	12.892.336	0,003%	24	965.965	923.270	11.926.371

Fuentes: CONELEC y Proyecciones realizadas por Juan José Almeida A (2016).

Elaboración: Juan José Almeida A.

Entre los años 2016 y 2030 se sumarán harán 12,8 millones focos nuevos, de los cuales se estima que 695.965 sean ahorradores y 11.926.371 sean LEDs. Cabe indicarse que el número de focos incandescentes estimados que hubo en stock en el momento de la prohibición de importación fue de 2,9 millones, un número muy superior comparado con los 0,7 millones de focos ahorradores; sin embargo debe tomarse en cuenta que la vida útil de los focos ahorradores es ocho veces la de los incandescentes, por lo que su stock será mucho menor dado que los clientes los deben reemplazar con mucha menos frecuencia y por lo tanto las tiendas no deben mantener un alto stock.

A continuación se presenta el cálculo de focos quemados y reemplazados de los focos nuevos del sector residencial. Para esto se utilizará la misma Ecuación N.7 con la diferencia de que el

valor de p que era el porcentaje de focos que se queman al año se divide para 8, esto dado que los focos ahorradores tienen una vida útil ocho veces mayor que la de los incandescentes. p será entonces:

$$p = 0,024628$$

Los resultados se muestran en la Tabla N.38 a continuación:

Tabla N.38. Cálculo de los focos totales LEDs de los focos nuevos

Año	Focos nuevos LED	Focos nuevos ahorradores	Focos nuevos ahorradores (acumulado)	Porcentaje de focos LED	Focos LED dada la queman de los ahorradores nuevos (acumulado)	Focos LED totales (Nuevos)
2016	-	-	-	0,0246	-	-
2017	-	891.199	891.199	0,0246	21.949	21.949
2018	850.690	56.713	947.911	0,0246	22.805	44.754
2019	896.200	11.202	959.114	0,0246	22.519	67.273
2020	925.378	3.629	962.743	0,0246	22.054	89.327
2021	932.913	1.495	964.238	0,0246	21.548	110.875
2022	928.290	717	964.955	0,0246	21.035	131.910
2023	930.467	388	965.342	0,0246	20.526	152.436
2024	923.068	225	965.568	0,0246	20.026	172.462
2025	923.153	141	965.708	0,0246	19.536	191.999
2026	923.201	92	965.801	0,0246	19.058	211.056
2027	923.231	63	965.864	0,0246	18.590	229.646
2028	923.249	45	965.908	0,0246	18.133	247.779
2029	923.261	32	965.941	0,0246	17.687	265.466
2030	923.270	24	965.965	0,0246	17.252	282.718

Fuente: Cálculos realizados por Juan José Almeida A (2016).

Elaboración: Juan José Almeida A.

Al igual que con los focos nuevos, para el cálculo de la quema del stock de focos ahorradores que hay desde el año 2016, aplica la ecuación correspondiente a la del modelo anterior, en este caso la Ecuación N.8., a la cual de igual manera reemplazaremos el valor de p por 0,024628. La constante d por su parte, al ser el valor del stock de focos con los que se inicia en el año 2016, será igual a 24.348.628 focos menos los que entregue el Gobierno.

Conforme a lo calculado en el Anexo B, el número de focos que el Gobierno deberá entregar será de 8.461.630 lo cual se dividirá en dos partes iguales en los años 2016 y 2017. Esto implicaría que el valor de d será el siguiente:

$$d = 24.348.628 - 8.461.630 = 15.886.998$$

Dado esto se calcula al número de focos ahorradores y LEDs que habrán hasta el año 2030 conforme se quema el stock inicial de focos del 2016.

Tabla N.39. Focos LED y ahorradores del stock de focos del año 2016

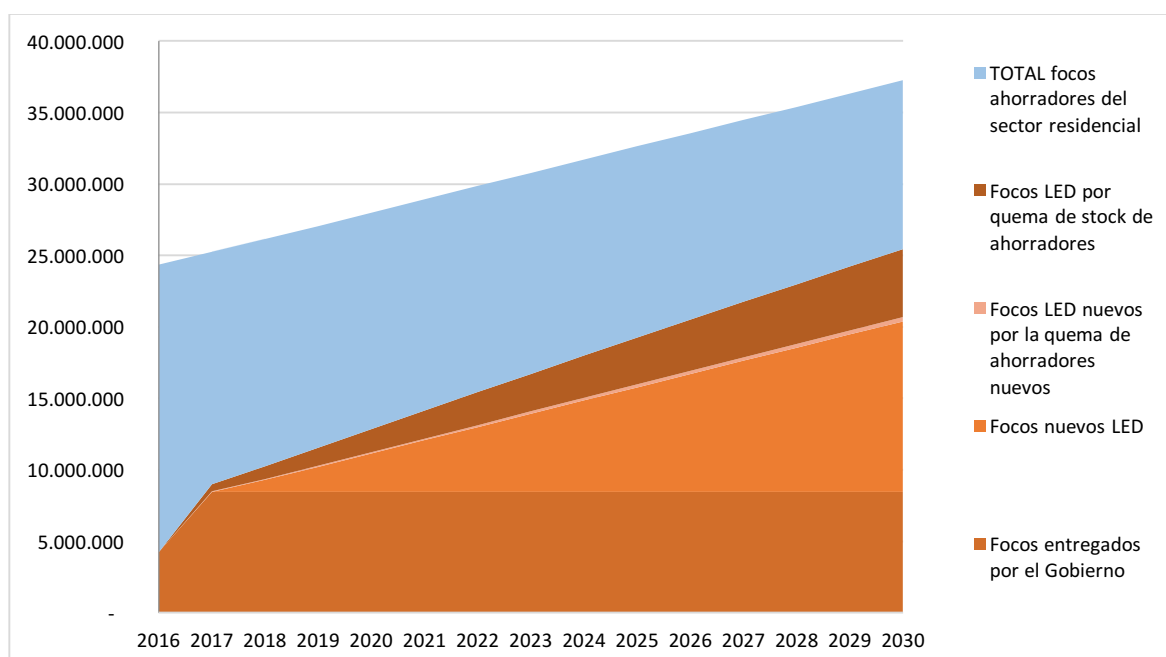
Año	Focos LED totales	Focos ahorradores totales
2016	-	15.886.998
2017	495.471	15.391.527
2018	874.541	15.012.457
2019	1.244.275	14.642.723
2020	1.604.904	14.282.095
2021	1.956.650	13.930.348
2022	2.299.733	13.587.265
2023	2.634.367	13.252.631
2024	2.960.759	12.926.239
2025	3.279.113	12.607.885
2026	3.589.626	12.297.372
2027	3.892.492	11.994.506
2028	4.187.898	11.699.100
2029	4.476.030	11.410.969
2030	4.757.064	11.129.934

Fuente: Cálculos realizados por Juan José Almeida A (2016).

Elaboración: Juan José Almeida A.

Con todos los datos que se han calculado, a continuación se presenta un gráfico donde se muestra la masa total de focos del sector residencial así como con la evolución de las cantidades de focos ahorradores y LEDs que habrá en cada año.

Gráfico N.44. Evolución del número de focos ahorradores y LEDs



Fuente: Cálculos realizados por Juan José Almeida A (2016).

Elaboración: Juan José Almeida A.

También se presenta una tabla con los resultados.

Tabla N.40. Total de focos ahorradores y LEDs

Año	TOTAL focos del sector residencial	Focos LED por quema de stock de ahorradores	Focos LED nuevos por la quema de ahorradores nuevos	Focos nuevos LED	Focos entregados por el Gobierno	TOTAL focos LED del sector residencial	TOTAL focos ahorradores del sector residencial
2016	24.348.628	-	-	-	4.230.815	4.230.815	20.117.813
2017	25.239.826	495.471	21.949	-	8.461.630	8.979.050	16.260.777
2018	26.147.229	874.541	44.754	850.690	8.461.630	10.231.615	15.915.614
2019	27.054.631	1.244.275	67.273	1.746.889	8.461.630	11.520.068	15.534.563
2020	27.983.638	1.604.904	89.327	2.672.268	8.461.630	12.828.128	15.155.510
2021	28.918.046	1.956.650	110.875	3.605.181	8.461.630	14.134.335	14.783.711
2022	29.847.054	2.299.733	131.910	4.533.471	8.461.630	15.426.744	14.420.310
2023	30.777.909	2.634.367	152.436	5.463.938	8.461.630	16.712.371	14.065.537
2024	31.701.202	2.960.759	172.462	6.387.007	8.461.630	17.981.858	13.719.344
2025	32.624.496	3.279.113	191.999	7.310.159	8.461.630	19.242.901	13.381.595
2026	33.547.789	3.589.626	211.056	8.233.361	8.461.630	20.495.673	13.052.117
2027	34.471.083	3.892.492	229.646	9.156.591	8.461.630	21.740.359	12.730.724

2028	35.394.376	4.187.898	247.779	10.079.840	8.461.630	22.977.147	12.417.229
2029	36.317.670	4.476.030	265.466	11.003.101	8.461.630	24.206.227	12.111.443
2030	37.240.964	4.757.064	282.718	11.926.371	8.461.630	25.427.784	11.813.180

Fuente: Cálculos realizados por Juan José Almeida A (2016).

Elaboración: Juan José Almeida A.